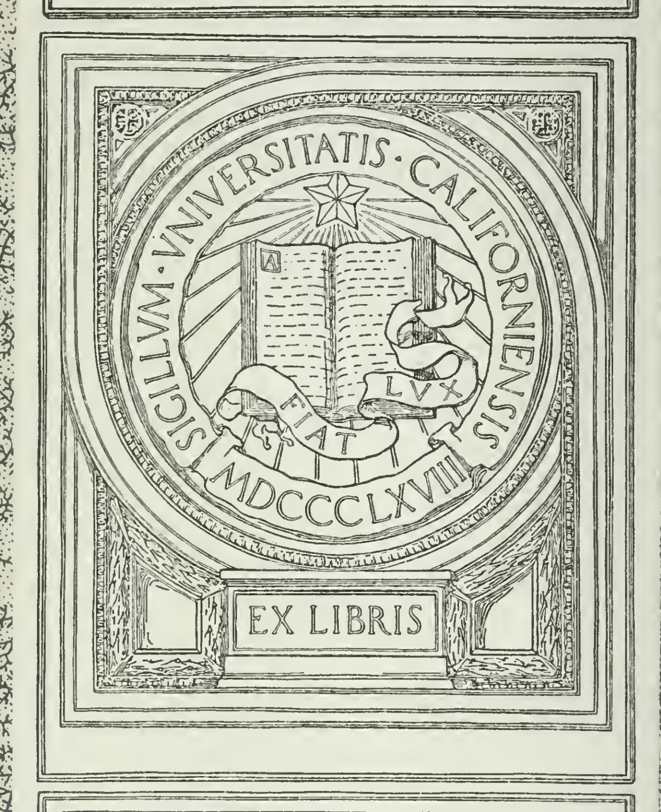
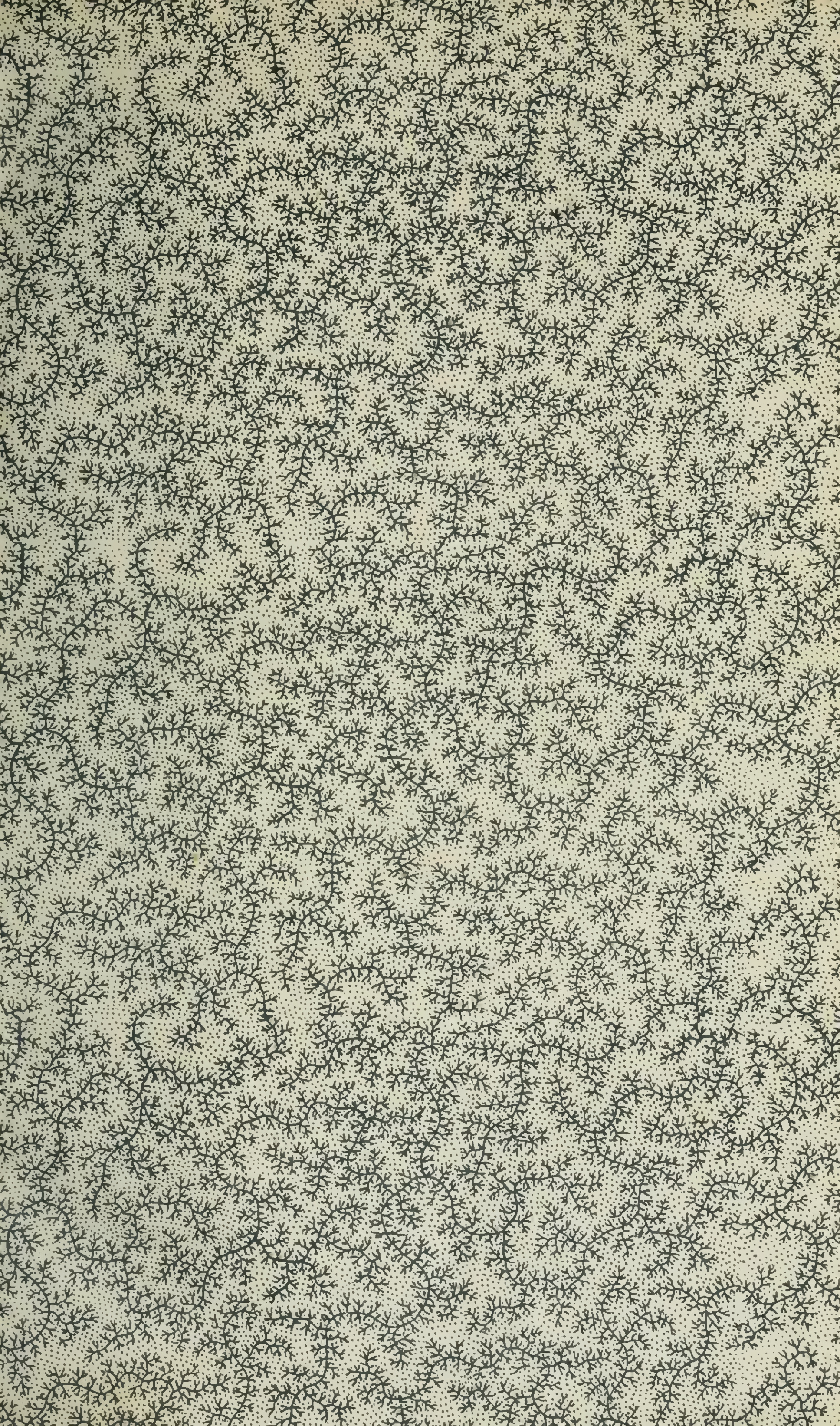
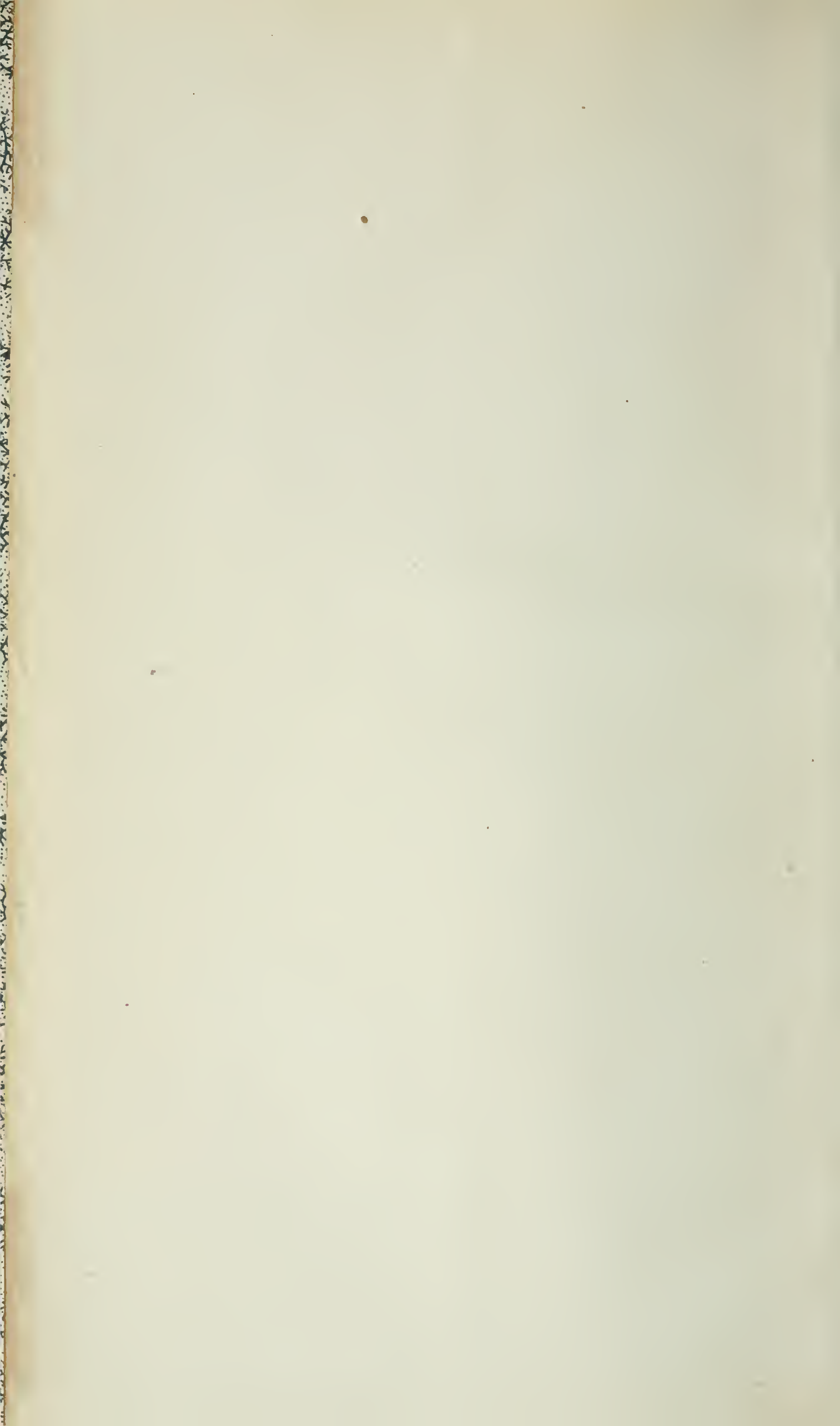
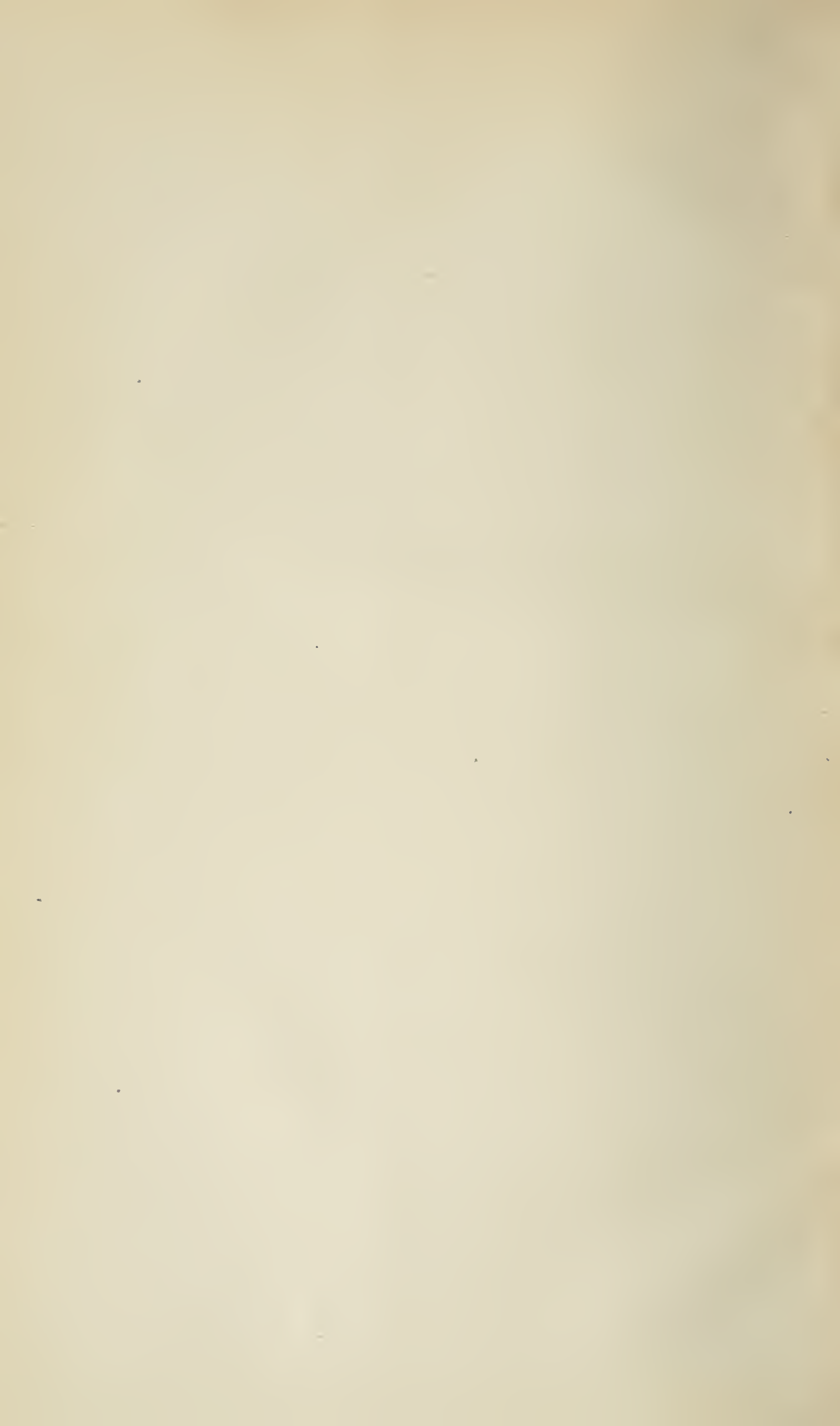

UC SOUTHERN REGIONAL LIBRARY FACILITY
A 000 643 501 0


SIGILLVM · VNIVERSITATIS · CALIFORNIENSIS
FIAT LVX
MDCCCLXVIII
EX LIBRIS



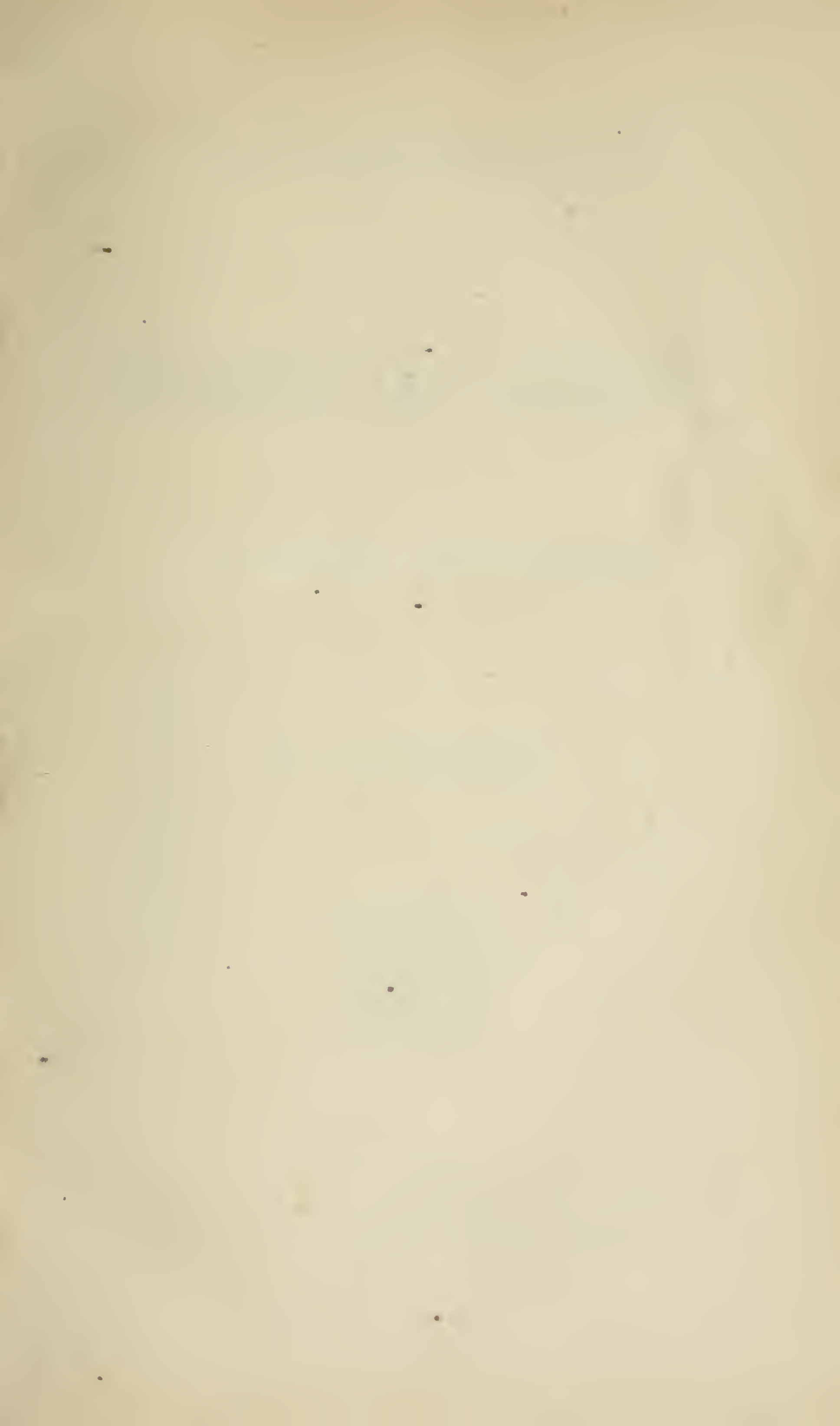












Gesammelte Werke

von

Alexander von Humboldt.

Dritter Band.

Kosmos III.



Stuttgart.
Verlag der J. G. Cotta'schen Buchhandlung
Nachfolger.

Kosmos.

Entwurf einer physischen Weltbeschreibung

von

Alexander von Humboldt.

Dritter Band.



Stuttgart.
Verlag der J. G. Cotta'schen Buchhandlung
Nachfolger.

Druck von Gebrüder Kröner in Stuttgart.

Kosmos.



Spezielle Ergebnisse der Beobachtung

in dem

Gebiete kosmischer Erscheinungen.

Einleitung.

Zu diesem Ziele hinstrebend, welches ich mir nach dem Maß meiner Kräfte und dem jetzigen Zustande der Wissenschaften als erreichbar gedacht, habe ich in zwei schon erschienenen Bänden des Kosmos die Natur unter einem zweifachen Gesichtspunkte betrachtet. Ich habe sie darzustellen versucht zuerst in der reinen Objektivität äußerer Erscheinung; dann in dem Reflex eines durch die Sinne empfangenen Bildes auf das Innere des Menschen, auf seinen Ideenkreis und seine Gefühle.

Die Außenwelt der Erscheinungen ist unter der wissenschaftlichen Form eines allgemeinen Naturgemäldes in ihren zwei großen Sphären, der uranologischen und der tellurischen, geschildert worden. Es beginnt dasselbe mit den Sternen, die in den fernsten Teilen des Weltraumes zwischen Nebelflecken aufglimmen, und steigt durch unser Planetensystem bis zur irdischen Pflanzendecke und zu den kleinsten, oft von der Luft getragenen, dem unbewaffneten Auge verborgenen Organismen herab. Um das Dasein eines gemeinsamen Bandes, welches die ganze Körperwelt umschlingt, um das Walten ewiger Gesetze und den ursachlichen Zusammenhang ganzer Gruppen von Erscheinungen, soweit derselbe bisher erkannt worden ist, anschaulicher hervortreten zu lassen, mußte die Anhäufung vereinzelter Thatsachen vermieden werden. Eine solche Vorsicht schien besonders da erforderlich, wo sich in der tellurischen Sphäre des Kosmos, neben den dynamischen Wirkungen bewegender Kräfte, der mächtige Einfluß

spezifischer Stoffverschiedenheit offenbart. In der siderischen oder uranologischen Sphäre des Kosmos sind für das, was der Beobachtung erreichbar wird, die Probleme, ihrem Wesen nach von bewundernswürdiger Einfachheit, fähig, nach der Theorie der Bewegung, durch die anziehenden Kräfte der Materie und die Quantität ihrer Masse einer strengen Rechnung zu unterliegen. Sind wir, wie ich glaube, berechtigt, die kreisenden Meteor-Asteroiden für Teile unseres Planetensystems zu halten, so setzen diese allein uns, durch ihren Fall auf den Erdkörper, in Kontakt mit erkennbar ungleichartigen Stoffen des Weltraumes. Ich bezeichne hier die Ursache, weshalb die irdischen Erscheinungen bisher einer mathematischen Gedankenentwickelung minder glücklich und minder allgemein unterworfen worden sind als die sich gegenseitig störenden und wieder ausgleichenden Bewegungen der Weltkörper, in denen für unsere Wahrnehmung nur die Grundkraft gleichartiger Materie waltet.

Mein Bestreben war darauf gerichtet, in dem Naturgemälde der Erde durch eine bedeutsame Anreihung der Erscheinungen ihren ursachlichen Zusammenhang ahnen zu lassen. Es wurde der Erdkörper geschildert in seiner Gestaltung, seiner mittleren Dichtigkeit, den Abstufungen seines mit der Tiefe zunehmenden Wärmegehaltes, seiner elektro-magnetischen Strömungen und polarischen Lichtprozesse. Die Reaktion des Inneren des Planeten auf seine äußere Rinde bedingt den Inbegriff vulkanischer Thätigkeit, die mehr oder minder geschlossenen Kreise von Erschütterungswellen und ihre nicht immer bloß dynamischen Wirkungen, die Ausbrüche von Gas, von heißen Wasserquellen und Schlamm. Als die höchste Kraftäußerung der inneren Erdmächte ist die Erhebung feuerspeiender Berge zu betrachten. Wir haben so die Central- und Reihenvulkane geschildert, wie sie nicht bloß zerstören, sondern Stoffartiges erzeugen, und unter unseren Augen, meist periodisch, fortfahren, Gebirgsarten (Eruptionsgestein) zu bilden; wir haben gezeigt, wie, im Kontraste mit dieser Bildung, Sedimentgesteine sich ebenfalls noch aus Flüssigkeiten niederschlagen, in denen ihre kleinsten Teile aufgelöst oder schwebend enthalten waren. Eine solche Vergleichung des Werdenden, sich als Festes Gestaltenden mit dem längst als Schichten der Erdrinde Erstarrten leitet auf die Unterscheidung geognostischer Epochen, auf eine sichere Bestimmung der Zeitfolge der Formationen, welche die untergegangenen

Geschlechter von Tieren und Pflanzen, die Fauna und Flora der Vorwelt, in chronologisch erkennbaren Lebensreihen umhüllen. Entstehung, Umwandelung und Hebung der Erdschichten bedingen epochenweise wechselnd alle Besonderheiten der Naturgestaltung der Erdoberfläche; sie bedingen die räumliche Verteilung des Festen und Flüssigen, die Ausdehnung und Gliederung der Kontinentalmassen in horizontaler und senkrechter Richtung. Von diesen Verhältnissen hangen ab die thermischen Zustände der Meeresströme, die meteorologischen Prozesse in der luftförmigen Umhüllung des Erdkörpers, die typische und geographische Verbreitung der Organismen. Eine solche Erinnerung an die Aneinanderreihung der tellurischen Erscheinungen, wie sie das Naturgemälde dargeboten hat, genügt, wie ich glaube, um zu beweisen, daß durch die bloße Zusammenstellung großer und verwickelt scheinender Resultate der Beobachtung die Einsicht in ihren Kausalzusammenhang gefördert wird. Die Deutung der Natur ist aber wesentlich geschwächt, wenn man durch zu große Anhäufung einzelner Thatsachen der Naturschilderung ihre belebende Wärme entzieht.

So wenig nun in einer mit Sorgfalt entworfenen objektiven Darstellung der Erscheinungswelt Vollständigkeit bei Aufzählung der Einzelnheiten beabsichtigt worden ist, ebensowenig hat dieselbe erreicht werden sollen in der Schilderung des Reflexes der äußeren Natur auf das Innere des Menschen. Hier waren die Grenzen noch enger zu ziehen. Das ungemessene Gebiet der Gedankenwelt, befruchtet seit Jahrtausenden durch die treibenden Kräfte geistiger Thätigkeit, zeigt uns in den verschiedenen Menschenrassen und auf verschiedenen Stufen der Bildung bald eine heitere, bald eine trübe Stimmung des Gemütes, bald zarte Erregbarkeit und bald dumpfe Unempfindlichkeit für das Schöne. Es wird der Sinn des Menschen zuerst auf die Heiligung von Naturkräften und gewisser Gegenstände der Körperwelt geleitet; später folgt er religiösen Anregungen höherer, rein geistiger Art. Der innere Reflex der äußeren Natur wirkt dabei mannigfaltig auf den geheimnisvollen Prozeß der Sprachenbildung, in welchem zugleich ursprüngliche körperliche Anlagen und Eindrücke der umgebenden Natur als mächtige mitbestimmende Elemente auftreten. Die Menschheit verarbeitet in sich den Stoff, welchen die Sinne ihr darbieten. Die Erzeugnisse einer solchen Geistesarbeit gehören ebenso wesentlich zum Bereich

des Kosmos als die Erscheinungen, die sich im Inneren abspiegeln.

Da ein reflektiertes Naturbild unter dem Einfluß aufgeregter schöpferischer Einbildungskraft sich nicht rein und treu erhalten kann, so entsteht neben dem, was wir die wirkliche oder äußere Welt nennen, eine ideale und innere Welt, voll phantastischer, zum Teil symbolischer Mythen, belebt durch fabelhafte Tiergestalten, deren einzelne Glieder den Organismen der jetzigen Schöpfung oder gar den erhaltenen Resten untergegangener Geschlechter entlehnt sind. Auch Wunderblumen und Wunderbäume entsprießen dem mythischen Boden: wie nach den Edda-Liedern die riesige Esche, der Weltbaum Yggdrasil, dessen Aeste über den Himmel emporstreben, während eine seiner dreifachen Wurzeln bis in die „rauschenden Kesselbrunnen" der Unterwelt reicht. So ist das Nebelland physischer Mythen, nach Verschiedenheit der Volksstämme und der Klimate, mit anmutigen oder mit grauenvollen Gestalten gefüllt. Jahrhundertelang werden sie durch die Ideenkreise später Generationen vererbt.

Wenn die Arbeit, die ich geliefert, nicht genugsam dem Titel entspricht, den ich oft selbst als gewagt und unvorsichtig gewählt bezeichnet habe, so muß der Tadel der Unvollständigkeit besonders den Teil dieser Arbeit treffen, welcher das geistige Leben im Kosmos, die in die Gedanken- und Gefühlswelt reflektierte äußere Natur, berührt. Ich habe mich in diesem Teile vorzugsweise begnügt, bei den Gegenständen zu verweilen, welche in mir der Richtung lang genährter Studien näher liegen: bei den Aeußerungen des mehr oder minder lebhaften Naturgefühls im klassischen Altertum und in der neueren Zeit; bei den Fragmenten dichterischer Naturbeschreibung, auf deren Färbung die Individualität des Volkscharakters und die religiöse, monotheistische Ansicht des Geschaffenen einen so wesentlichen Einfluß ausgeübt haben; bei dem anmutigen Zauber der Landschaftsmalerei; bei der Geschichte der physischen Weltanschauung, d. i. bei der Geschichte der in dem Laufe von zwei Jahrtausenden stufenweise entwickelten Erkenntnis des Weltganzen, der Einheit in den Erscheinungen.

Bei einem so vielumfassenden, seinem Zwecke nach zugleich wissenschaftlichen und die Natur lebendig darstellenden Werke darf ein erster, unvollkommener Versuch der Ausführung nur darauf Anspruch machen, daß er mehr durch das wirke,

was er *anregt*, als durch das, was er zu *geben* vermag. Ein *Buch von der Natur*, seines erhabenen Titels würdig, wird dann erst erscheinen, wenn die Naturwissenschaften, trotz ihrer ursprünglichen *Unvollendbarkeit*, durch Fortbildung und Erweiterung einen höheren Standpunkt erreicht haben, und wenn so beide Sphären des einigen Kosmos (die *äußere*, durch die Sinne wahrnehmbare, wie die *innere*, reflektierte, geistige Welt) gleichmäßig an lichtvoller Klarheit gewinnen.

Ich glaube hiermit hinlänglich die Ursachen berührt zu haben, welche mich bestimmen mußten, dem allgemeinen *Naturgemälde* keine größere Ausdehnung zu geben. Dem dritten und letzten Bande des *Kosmos* ist es vorbehalten, vieles des Fehlenden zu ergänzen und die Ergebnisse der Beobachtung darzulegen, auf welche der jetzige Zustand wissenschaftlicher Meinungen vorzugsweise gegründet ist. Die Anordnung dieser Ergebnisse wird hier wieder die sein, welcher ich nach den früher ausgesprochenen Grundsätzen in dem Naturgemälde gefolgt bin. Ehe ich jedoch zu den Einzelheiten übergehe, welche die speziellen Disziplinen begründen, darf es mir erlaubt sein, noch einige allgemeine erläuternde Betrachtungen voranzuschicken. Das unerwartete Wohlwollen, welches meinem Unternehmen bei dem Publikum in weiten Kreisen, in- und außerhalb des Vaterlandes, geschenkt worden ist, läßt mich doppelt das Bedürfnis fühlen, mich noch einmal auf das bestimmteste über den Grundgedanken des ganzen Werkes und über Anforderungen auszusprechen, die ich schon darum nicht zu erfüllen versucht habe, weil ihre Erfüllung nach meiner individuellen Ansicht unseres empirischen Wissens nicht von mir beabsichtigt werden *konnte*. An diese rechtfertigenden Betrachtungen reihen sich wie von selbst historische Erinnerungen an die früheren Versuche, den Weltgedanken aufzufinden, der alle Erscheinungen in ihrem Kausalzusammenhange auf ein einiges Prinzip reduzieren solle.

Das Grundprinzip meines Werkes über den *Kosmos*, wie ich dasselbe vor mehr als zwanzig Jahren in den französischen und deutschen zu Paris und Berlin gehaltenen Vorlesungen entwickelt habe, ist in dem *Streben* enthalten: die Welterscheinungen als ein Naturganzes aufzufassen; zu zeigen, wie in *einzelnen Gruppen* dieser Erscheinungen die ihnen gemeinsamen Bedingnisse, d. i. das Walten großer Gesetze, erkannt worden sind; wie man von den Gesetzen zu der Erforschung ihres ursachlichen Zusammenhanges aufsteigt. Ein

solcher Drang nach dem Verstehen des Weltplans, d. h. der Naturordnung, beginnt mit Verallgemeinerung des Besonderen, mit Erkenntnis der Bedingungen, unter denen die physischen Veränderungen sich gleichmäßig wiederkehrend offenbaren; er leitet zu der denkenden Betrachtung dessen, was die Empirie uns darbietet, nicht aber „zu einer Weltansicht durch Spekulation und alleinige Gedankenentwickelung, nicht zu einer absoluten Einheitslehre in Absonderung von der Erfahrung". Wir sind, ich wiederhole es hier, weit von dem Zeitpunkt entfernt, wo man es für möglich halten konnte, alle unsere sinnlichen Anschauungen zur Einheit des Naturbegriffs zu konzentrieren. Der sichere Weg ist ein volles Jahrhundert vor Francis Bacon schon von Leonardo da Vinci vorgeschlagen und mit wenigen Worten bezeichnet worden: cominciare dall' esperienza e per mezzo di questa scoprirne la ragione. In vielen Gruppen der Erscheinungen müssen wir uns freilich noch mit dem Auffinden von empirischen Gesetzen begnügen; aber das höchste, seltener erreichte Ziel aller Naturforschung ist das Erspähen des Kausalzusammenhanges[1] selbst. Die befriedigendste Deutlichkeit und Evidenz herrschen da, wo es möglich wird, das Gesetzliche auf mathematisch bestimmbare Erklärungsgründe zurückzuführen. Die physische Weltbeschreibung ist nur in einzelnen Teilen eine Welterklärung. Beide Ausdrücke sind noch nicht als identisch zu betrachten. Was der Geistesarbeit, deren Schranken hier bezeichnet werden, Großes und Feierliches inwohnt, ist das frohe Bewußtsein des Strebens nach dem Unendlichen, nach dem Erfassen dessen, was in ungemessener, unerschöpflicher Fülle das Seiende, das Werdende, das Geschaffene uns offenbart.

Ein solches durch alle Jahrhunderte wirksames Streben mußte oft und unter mannigfaltigen Formen zu der Täuschung verführen, das Ziel erreicht, das Prinzip gefunden zu haben, aus dem alles Veränderliche der Körperwelt, der Inbegriff aller sinnlich wahrnehmbaren Erscheinungen erklärt werden könne. Nachdem lange Zeit hindurch, gemäß der ersten Grundanschauung des hellenischen Volksgeistes, in den gestaltenden, umwandelnden oder zerstörenden Naturkräften das Walten geistiger Mächte in menschlicher Form verehrt[2] worden war, entwickelte sich in den physiologischen Phantasieen der ionischen Schule der Keim einer wissenschaftlichen Naturbetrachtung. Der Urgrund des Entstehens der Dinge, der Urgrund aller Erscheinungen ward, nach zwei Richtungen:[3]

aus der Annahme konkreter, stoffartiger Prinzipien, sogenannter Naturelemente, oder aus Prozessen der Verdünnung und Verdichtung, bald nach mechanischen, bald nach dynamischen Ansichten, abgeleitet. Die, vielleicht ursprünglich indische Hypothese von vier oder fünf stoffartig verschiedenen Elementen ist von dem Lehrgedichte des Empedokles an bis in die spätesten Zeiten allen Naturphilosophemen beigemengt geblieben: ein uraltes Zeugnis und Denkmal für das Bedürfnis des Menschen, nicht bloß in den Kräften, sondern auch in qualitativer Wesenheit der Stoffe nach einer Verallgemeinerung und Vereinfachung der Begriffe zu streben.

In der späteren Entwickelung der ionischen Physiologie erhob sich Anaxagoras von Klazomenä von der Annahme bloß bewegender Kräfte der Materie zu der Idee eines von aller Materie gesonderten, ihre gleichartigen kleinsten Teile entmischenden Geistes. Die weltordnende Vernunft (νοῦς) beherrscht die kontinuierlich fortschreitende Weltbildung, den Urquell aller Bewegung und so auch aller physischen Erscheinungen. Durch die Annahme eines centrifugalen Umschwunges,[4] dessen Nachlassen, wie wir schon oben erwähnt, den Fall der Meteorsteine bewirkt, erklärt Anaxagoras den scheinbaren (ostwestlichen) himmlischen Kreislauf. Diese Hypothese bezeichnet den Ausgangspunkt von Wirbeltheorien, welche mehr denn zweitausend Jahre später durch Descartes, Huygens und Hooke eine große kosmische Wichtigkeit erhielten. Ob des Klazomeniers weltordnender Geist die Gottheit selbst oder pantheistisch nur ein geistiges Prinzip alles Naturlebens bezeichnet,[5] bleibt diesem Werke fremd.

In einem grellen Kontraste mit den beiden Abteilungen der ionischen Schule steht die das Universum ebenfalls umfassende mathematische Symbolik der Pythagoreer. Der Blick bleibt einseitig geheftet in der Welt sinnlich wahrnehmbarer Naturerscheinungen auf das Gesetzliche in der Gestaltung (den fünf Grundformen), auf die Begriffe von Zahlen, Maß, Harmonie und Gegensätzen. Die Dinge spiegeln sich in den Zahlen, welche gleichsam eine „nachahmende Darstellung“ (μίμησις) von ihnen sind. Das Wesen der Dinge kann als Zahlenverhältnisse, ihre Veränderungen und Umbildungen können als Zahlenkombinationen erkannt werden. Auch Platos Physik erhält Versuche, alle Wesenheit der Stoffe im Weltall und ihrer Verwandlungsstufen auf körperliche Formen und diese auf die einfachsten (triangularen) Flächenfiguren zurück-

zuführen. Was aber die letzten Prinzipien (gleichsam die Elemente der Elemente) sind, sagt Plato in bescheidenem Mißmut, „weiß Gott allein, und wer von ihm geliebt wird unter den Menschen". Eine solche mathematische Behandlung physischer Erscheinungen, die Ausbildung der Atomistik, die Philosophie des Maßes und der Harmonie, hat noch spät auf die Entwickelung der Naturwissenschaften eingewirkt, auch phantasiereiche Entdecker auf Abwege geführt, welche die Geschichte der physischen Weltanschauung bezeichnet. „Es wohnt ein fesselnder, von dem ganzen Altertume gefeierter Zauber den einfachen Verhältnissen der Zeit und des Raumes inne, wie sie sich in Tönen, in Zahlen und Linien offenbaren."

Die Idee der Weltordnung und Weltregierung tritt geläutert und erhaben in den Schriften des Aristoteles hervor. Alle Erscheinungen der Natur werden in den physischen Vorträgen (Auscultationes physicae) als bewegende Lebensthätigkeiten einer allgemeinen Weltkraft geschildert. Von dem „unbewegten Beweger der Welt" hängt der Himmel und die Natur [6] (die tellurische Sphäre der Erscheinungen) ab. Der „Anordner" und der letzte Grund aller sinnlichen Veränderungen muß als ein Nicht-Sinnliches, von aller Materie Getrenntes betrachtet werden. Die Einheit in den verschiedenen Kraftäußerungen der Stoffe wird zum Hauptprinzipe erhoben, und diese Kraftäußerungen selbst werden stets auf Bewegungen reduziert. So finden wir in dem Buche von der Seele [7] schon den Keim der Undulations-Theorie des Lichtes. Die Empfindung des Sehens erfolgt durch eine Erschütterung, eine Bewegung des Mittels zwischen dem Gesicht und dem gesehenen Gegenstande, nicht durch Ausflüsse aus dem Gegenstande oder dem Auge. Mit dem Sehen wird das Hören verglichen, da der Schall ebenfalls eine Folge der Lufterschütterung ist.

Aristoteles, indem er lehrt, durch die Thätigkeit der denkenden Vernunft in dem Besonderen der wahrnehmbaren Einzelheiten das Allgemeine zu erforschen, umfaßt immer das Ganze der Natur und den inneren Zusammenhang nicht bloß der Kräfte, sondern auch der organischen Gestalten. In dem Buche über die Teile (Organe) der Tiere spricht er deutlich seinen Glauben an die Stufenleiter der Wesen aus, in der sie von niederen zu höheren Formen aufsteigen. [8] Die Natur geht in ununterbrochenem, fortschreitendem Entwickelungsgange von dem Unbelebten (Elementarischen) durch die Pflanzen zu den

Tieren über: zunächst „zu dem, was zwar noch kein eigentliches Tier, aber so nahe mit diesem verwandt ist, daß es sich im ganzen wenig von ihm unterscheidet". In dem Uebergange der Bildungen „sind die Mittelstufen fast unmerklich".[9] Das große Problem des Kosmos ist dem Stagiriten die Einheit der Natur. „In ihr," sagt er mit sonderbarer Lebendigkeit des Ausdruckes, „ist nichts zusammenhangslos Eingeschobenes wie in einer schlechten Tragödie."

Das naturphilosophische Streben, alle Erscheinungen des einigen Kosmos einem Erklärungsprinzipe unterzuordnen, ist in allen physikalischen Schriften des tiefsinnigen Weltweisen und genauen Naturbeobachters nicht zu verkennen; aber der mangelhafte Zustand des Wissens, die Unbekanntschaft mit der Methode des Experimentierens, d. h. des Hervorrufens der Erscheinungen unter bestimmten Bedingnissen, hinderte selbst kleine Gruppen physischer Prozesse in ihrem Kausalzusammenhange zu erfassen. Alles wurde reduziert auf die immer wiederkehrenden Gegensätze von Kälte und Wärme, Feuchtigkeit und Dürre, primitiver Dichtigkeit und Dünne; ja auf ein Bewirken von Veränderungen in der Körperwelt durch eine Art innerer Entzweiung (Antiperistase), welche an unsere jetzigen Hypothesen der entgegengesetzten Polarität, an die hervorgerufenen Kontraste von + und — erinnert.[10] Die vermeinten Lösungen der Probleme geben dann die Thatsachen selbst verhüllt wieder, und der sonst überall so mächtig konzise Stil des Stagiriten geht in der Erklärung meteorologischer oder optischer Prozesse oft in selbstgefällige Breite und etwas hellenische Vielredenheit über. Da der Aristotelische Sinn wenig auf Stoffverschiedenheit, vielmehr ganz auf Bewegung gerichtet ist, so tritt die Grundidee, alle tellurischen Naturerscheinungen dem Impuls der Himmelsbewegung, dem Umschwung der Himmelssphäre zuzuschreiben, wiederholt hervor, geahnt, mit Vorliebe gepflegt,[11] aber nicht in absoluter Schärfe und Bestimmtheit dargestellt.

Der Impuls, welchen ich hier bezeichne, deutet nur die Mitteilung der Bewegung als den Grund aller irdischen Erscheinungen an. Pantheistische Ansichten sind ausgeschlossen. Die Gottheit ist die höchste „ordnende Einheit, welche sich in allen Kreisen der gesamten Welt offenbart, jedem einzelnen Naturwesen die Bestimmung verleiht, als absolute Macht alles zusammenhält." Der Zweckbegriff und die teleologischen Ansichten werden nicht auf die untergeordneten Naturprozesse,

die der anorganischen, elementarischen Natur angewandt, sondern vorzugsweise auf die höheren Organisationen der Tier- und Pflanzenwelt. Auffallend ist es, daß in diesen Lehren die Gottheit sich gleichsam einer Anzahl von Astralgeistern bedient, welche (wie der Massenverteilung und der Perturbationen kundig) die Planeten in den ewigen Bahnen zu erhalten wissen.[12] Die Gestirne offenbaren dabei das Bild der Göttlichkeit in der sinnlichen Welt. Des kleinen, Pseudo-Aristotelischen, gewiß stoischen Buches vom Kosmos ist hier, trotz seines Namens, nicht Erwähnung geschehen. Es stellt zwar, naturbeschreibend und oft mit rhetorischer Lebendigkeit und Färbung, zugleich Himmel und Erde, die Strömungen des Meeres und des Luftkreises dar; aber es offenbart keine Tendenz, die Erscheinungen des Kosmos auf allgemeine physikalische, d. h. in den Eigenschaften der Materie gegründete, Prinzipien zurückzuführen.

Ich habe länger bei der glänzendsten Epoche der Naturansichten des Altertums verweilt, um den frühesten Versuchen der Verallgemeinerung die Versuche der neueren Zeit gegenüberzustellen. In der Gedankenbewegung der Jahrhunderte, welche in Hinsicht auf die Erweiterung kosmischer Anschauungen in einem anderen Teile dieses Buches geschildert worden ist, zeichnen sich das Ende des dreizehnten und der Anfang des vierzehnten Jahrhunderts aus; aber das Opus majus von Roger Bacon, der Naturspiegel des Vincenz von Beauvais, die physische Geographie (Liber cosmographicus) von Albert dem Großen, das Weltgemälde (Imago Mundi) des Kardinals Petrus de Alliaco (Pierre d'Ailly) sind Werke, welche, so mächtig sie auch auf Zeitgenossen gewirkt haben, durch ihren Inhalt nicht dem Titel entsprechen, den sie führen. Unter den italienischen Gegnern der Aristotelischen Physik wird Bernardino Telesio aus Cosenza als der Gründer einer rationellen Naturwissenschaft bezeichnet. Alle Erscheinungen der sich passiv verhaltenden Materie werden von ihm als Wirkungen zweier unkörperlichen Prinzipien (Thätigkeiten, Kräfte), von Wärme und Kälte, betrachtet. Auch das ganze organische Leben, die „beseelten" Pflanzen und Tiere sind das Produkt jener ewig entzweiten Kräfte, von denen vorzugsweise die eine, die Wärme, der himmlischen, die andere, die Kälte, der irdischen Sphäre zugehört.

Mit noch ungezügelterer Phantasie, aber auch mit tiefem Forschungsgeiste begabt, versucht Giordano Bruno aus Nola

in drei Werken: De la Causa, Principio e Uno; Contemplationi circa lo Infinito, Universo e Mondi inumerabili, und De Minimo et Maximo, das Weltganze zu umfassen. In der Naturphilosophie des Telesio, eines Zeitgenossen des Kopernikus, erkennt man wenigstens das Bestreben, die Veränderungen der Materie auf zwei ihrer Grundkräfte zu reduzieren, „welche zwar als von außen wirkend gedacht werden", doch ähnlich sind den Grundkräften der Anziehung und Abstoßung in der dynamischen Naturlehre von Boscowich und Kant. Die kosmischen Ansichten des Nolaners sind rein metaphysisch; sie suchen nicht die Ursachen der sinnlichen Erscheinungen in der Materie selbst, sondern berühren „die Unendlichkeit des mit selbstleuchtenden Welten gefüllten Raumes, die Beseeltheit dieser Welten, die Beziehungen der höchsten Intelligenz, Gottes, zu dem Universum". Mit geringem mathematischen Wissen ausgerüstet, war Giordano Bruno doch bis zu seinem furchtbaren Martertode [13] ein enthusiastischer Bewunderer von Kopernikus, Tycho und Kepler. Zeitgenosse des Galilei, erlebte er nicht die Erfindung des Fernrohres von Hans Lippershey und Zacharias Jansen, und also auch nicht die Entdeckung der „kleinen Jupiterswelt", der Venusphasen und der Nebelflecke. Mit kühner Zuversicht auf das, was er nennt lume interno, ragione naturale, altezza dell' intelletto, überließ er sich glücklichen Ahnungen über die Bewegung der Fixsterne, die planetenartige Natur der Kometen und die von der Kugelform abweichende Gestalt der Erde. [14] Auch das griechische Altertum ist voll von solchen uranologischen Verheißungen, die später erfüllt wurden.

In der Gedankenentwickelung über kosmische Verhältnisse, deren Hauptformen und Hauptepochen hier aufgezählt werden, war Kepler, volle 78 Jahre vor dem Erscheinen von Newtons unsterblichem Werke der Principia Philosophiae Naturalis, einer mathematischen Anwendung der Gravitationslehre am nächsten. Wenn der Eklektiker Simplicius bloß im allgemeinen den Grundsatz aussprach, „das Nichtherabfallen der himmlischen Körper werde dadurch bewirkt, daß der Umschwung (die Centrifugalkraft) die Oberhand habe über die eigene Fallkraft, den Zug nach unten"; wenn Johannes Philoponus, ein Schüler des Ammonius Hermeä, die Bewegung der Weltkörper „einem primitiven Stoße und dem fortgesetzten Streben zum Falle" zuschrieb; wenn, wie wir schon früher bemerkt, Kopernikus nur den allgemeinen Begriff der Gravitation,

wie sie in der Sonne, als dem Centrum der Planetenwelt, in der Erde und dem Monde wirke, mit den denkwürdigen Worten bezeichnet: gravitatem non aliud esse quam appetentiam quandum naturalem partibus inditam a divina providentia opificis universorum, ut in unitatem integritatemque suum sese conferant, in formam globi coëuntes, so finden wir bei Kepler in der Einleitung zu dem Buche De Stella Martis[15] zuerst numerische Angaben von den Anziehungskräften, welche nach Verhältnis ihrer Massen Erde und Mond gegeneinander ausüben. Er führt bestimmt Ebbe und Flut[16] als einen Beweis an, daß die anziehende Kraft des Mondes (virtus tractoria) sich bis zur Erde erstrecke; ja daß die Kraft, „ähnlich der, welche der Magnet auf das Eisen ausübt", die Erde des Wassers berauben würde, wenn diese aufhörte, dasselbe anzuziehen. Leider gab der große Mann zehn Jahre später, 1619, vielleicht aus Nachgiebigkeit gegen Galilei, welcher Ebbe und Flut der Rotation der Erde zuschrieb, die richtige Erklärung auf, um in der Harmonice Mundi den Erdkörper als ein lebendiges Untier zu schildern, dessen walfischartige Respiration, in periodischem, von der Sonnenzeit abhängigen Schlaf und Erwachen, das Anschwellen und Sinken des Ozeans verursacht. Bei dem mathematischen, schon von Laplace anerkannten Tiefsinne, welcher aus einer von Keplers Schriften hervorleuchtet, ist zu bedauern, daß der Entdecker von den drei großen Gesetzen aller planetarischen Bewegung nicht auf dem Wege fortgeschritten ist, zu welchem ihn seine Ansichten über die Massenanziehung der Weltkörper geleitet hatten.

Mit einer größeren Mannigfaltigkeit von Naturkenntnissen als Kepler begabt und Gründer vieler Teile einer mathematischen Physik, unternahm Descartes in einem Werke, das er Traité du Monde, auch Summa Philosophiae nannte, die ganze Welt der Erscheinungen, die himmlische Sphäre und alles, was er von der belebten und unbelebten irdischen Natur wußte, zu umfassen. Der Organismus der Tiere, besonders der des Menschen, für welchen er elf Jahre lang sehr ernste anatomische Studien gemacht, sollte das Werk beschließen. In der Korrespondenz mit dem Pater Mersenne findet man häufige Klagen über das langsame Fortschreiten der Arbeit und über die Schwierigkeit, so viele Materien aneinander zu reihen. Der Kosmos, den Descartes immer seine Welt (son Monde) nannte, sollte endlich am Schlusse

des Jahres 1633 dem Druck übergeben werden, als das Gerücht von der Verurteilung Galileis in der Inquisition zu Rom, welches erst vier Monate später, im Oktober 1633, durch Gassendi und Bouillaud verbreitet wurde, alles rückgängig machte und die Nachwelt eines großen, mit so viel Mühe und Sorgfalt vollendeten Werkes beraubte. Die Motive der Nichtherausgabe des Kosmos waren Liebe zu friedlicher Ruhe im einsamen Aufenthalte zu Deventer, wie die fromme Besorgnis, unehrerbietig gegen die Dekrete des heiligen Stuhles wider die planetarische Bewegung der Erde zu sein. Erst 1664, also vierzehn Jahre nach dem Tode des Philosophen, wurden einige Fragmente unter dem sonderbaren Titel: Le Monde ou Traité de la Lumière gedruckt. Die drei Kapitel, welche vom Lichte handeln, bilden doch kaum ein Viertel des Ganzen. Dagegen wurden die Abschnitte, welche ursprünglich zu dem Kosmos des Descartes gehörten und Betrachtungen über die Bewegung und Sonnenferne der Planeten, über den Erdmagnetismus, die Ebbe und Flut, das Erdbeben und die Vulkane enthalten, in den dritten und vierten Teil des berühmten Werkes Principes de la Philosophie versetzt.

Der Kosmotheoros von Huygens, der erst nach seinem Tode erschienen ist, verdient, trotz seines bedeutungsvollen Namens, in dieser Aufzählung kosmologischer Versuche kaum genannt zu werden. Es sind Träume und Ahnungen eines großen Mannes über die Pflanzen- und Tierwelt auf den fernsten Weltkörpern, besonders über die dort abgeänderte Gestalt des Menschengeschlechtes. Man glaubt Keplers Somnium astronomicum oder Kirchers ekstatische Reise zu lesen. Da Huygens schon, ganz wie die Astronomen unserer Zeit, dem Monde alles Wasser[17] und alle Luft versagte, so ist er über die Existenz des Mondmenschen noch verlegener als über die Bewohner der „dunst- und wolkenreichen ferneren Planeten".

Dem unsterblichen Verfasser des Werkes Philosophiae Naturalis Principia mathematica gelang es, den ganzen uranologischen Teil des Kosmos durch die Annahme einer einigen, alles beherrschenden Grundkraft der Bewegung in dem Kausalzusammenhange seiner Erscheinungen zu erfassen. Newton zuerst hat die physische Astronomie zu der Lösung eines großen Problems der Mechanik, zu einer mathematischen Wissenschaft erhoben. Die Quantität der Materie in jeglichem Weltkörper gibt das Maß seiner anziehenden Kraft, einer Kraft,

die in umgekehrtem Verhältnis des Quadrats der Entfernung wirkt und die Größe der Störungen bestimmt, welche nicht bloß die Planeten, sondern alle Gestirne der Himmelsräume aufeinander ausüben. Aber das Newtonische, durch Einfachheit und Allgemeinheit so bewundernswürdige Theorem der Gravitation ist in seiner kosmischen Anwendung nicht auf die uranologische Sphäre beschränkt, es beherrscht auch die tellurischen Erscheinungen in zum Teil noch unerforschten Richtungen; es gibt den Schlüssel zu periodischen Bewegungen im Ozean und in der Atmosphäre, zu der Lösung von Problemen der Kapillarität, der Endosmose, vieler chemischer, elektromagnetischer und organischer Prozesse. Newton [18] selbst unterschied schon die Massenanziehung, wie sie sich in den Bewegungen aller Weltkörper und in den Phänomenen der Ebbe und Flut äußert, von der Molekularanziehung, die in unendlich kleiner Entfernung und bei der innigsten Berührung wirksam wird.

Auf diese Weise zeigt sich unter allen Versuchen, das Veränderliche in der Sinnenwelt auf ein einziges Grundprinzip zurückzuführen, die Lehre von der Gravitation als der umfassendste und kosmisch vielverheißendste. Allerdings lassen sich, trotz der glänzenden Fortschritte, welche in neueren Zeiten in der Stöchiometrie (in der Rechenkunst mit chemischen Elementen und in den Volumverhältnissen der gemengten Gasarten) gemacht sind, noch nicht alle physikalischen Theorieen der Stofflehre auf mathematisch bestimmbare Erklärungsgründe zurückführen. Empirische Gesetze sind aufgefunden, und nach den weitverbreiteten Ansichten der Atomistik oder Corpuskularphilosophie ist manches der Mathematik zugänglicher geworden; aber bei der grenzenlosen Heterogeneität der Stoffe und den mannigfaltigen Aggregationszuständen der sogenannten Massenteilchen sind die Beweise jener empirischen Gesetze noch keineswegs aus der Theorie der Kontaktanziehung mit der Gewißheit zu entwickeln, welche die Begründung von Keplers drei großen empirischen Gesetzen aus der Theorie der Massenanziehung oder Gravitation darbietet.

Zu derselben Zeit aber, in der Newton schon erkannt hatte, daß alle Bewegungen der Weltkörper Folgen einer und derselben Kraft seien, hielt er die Gravitation selbst nicht, wie Kant, für eine Grundkraft der Materie [19], sondern entweder für abgeleitet von einer ihm noch unbekannten, höheren Kraft, oder für Folge eines „Umschwunges des Aethers, welcher den

Weltraum erfüllt und in den Zwischenräumen der Massenteilchen dünner ist, nach außen aber an Dichtigkeit zunimmt". Die letztere Ansicht ist umständlich in einem Briefe an Robert Boyle[20] (vom 28. Februar 1678) entwickelt, welcher mit den Worten endigt: „Ich suche in dem Aether die Ursache der Gravitation." Acht Jahre später, wie man aus einem Schreiben an Halley ersieht, gab Newton diese Hypothese des dünneren und dichteren Aethers gänzlich auf. Besonders auffallend ist es, daß er neun Jahre vor seinem Tode, 1717, in der so überaus kurzen Vorrede zu der zweiten Auflage seiner Optik es für nötig hielt, bestimmt zu erklären, daß er die Gravitation keineswegs für eine Grundkraft der Materie (essential property of bodies) halte[21], während Gilbert schon 1600 den Magnetismus für eine aller Materie inwohnende Kraft ansah. So schwankend war der tiefsinnigste, immer der Erfahrung zugewandte Denker, Newton selbst, über die „letzte mechanische Ursache" aller Bewegung.

Es ist allerdings eine glänzende, des menschlichen Geistes würdige Aufgabe, die ganze Naturlehre von den Gesetzen der Schwere an bis zu dem Bildungstriebe in den belebten Körpern als ein organisches Ganzes aufzustellen; aber der unvollkommene Zustand so vieler Teile unseres Naturwissens setzt der Lösung jener Aufgabe unüberwindliche Schwierigkeiten entgegen. Die Unvollendbarkeit aller Empirie, die Unbegrenztheit der Beobachtungssphäre macht die Aufgabe, das Veränderliche der Materie aus den Kräften der Materie selbst zu erklären, zu einer unbestimmten. Das Wahrgenommene erschöpft bei weitem nicht das Wahrnehmbare. Wenn wir, um nur an die Fortschritte der uns näheren Zeit zu erinnern, das unvollkommene Naturwissen von Gilbert, Robert Boyle und Hales mit dem jetzigen vergleichen, wir dazu der mit jedem Jahrzehnt zunehmenden Schnelligkeit des Fortschrittes gedenken, so erfassen wir die periodischen, endlosen Umwandelungen, welche allen physikalischen Wissenschaften noch bevorstehen. Neue Stoffe und neue Kräfte werden entdeckt werden. Wenn auch viele Naturprozesse, wie die des Lichts, der Wärme und des Elektromagnetismus, auf Bewegung (Schwingungen) reduziert, einer mathematischen Gedankenentwickelung zugänglich geworden sind, so bleiben übrig die oft erwähnten, vielleicht unbezwingbaren Aufgaben von der Ursache chemischer Stoffverschiedenheit, wie von der scheinbar allen Gesetzen entzogenen Reihung in der Größe, der Dichtigkeit, Achsenstellung

und Bahnexzentrizität der Planeten, in der Zahl und dem Abstande ihrer Satelliten, in der Gestalt der Kontinente und der Stellung ihrer höchsten Bergketten. Die hier beispielsweise genannten räumlichen Verhältnisse können bisher nur als etwas thatsächlich in der Natur Daseiendes betrachtet werden. Sind die Ursachen und die Verkettung dieser Verhältnisse noch nicht ergründet, so nenne ich sie nur darum aber nicht zufällig. Sie sind das Resultat von Begebenheiten in den Himmelsräumen bei Bildung unseres Planetensystems, von geognostischen Vorgängen bei der Erhebung der äußersten Erdschichten als Kontinente und Gebirgsketten. Unsere Kenntnis von der Urzeit der physikalischen Weltgeschichte reicht nicht hoch genug hinauf, um das jetzt Daseiende als etwas Werdendes zu schildern.

Wo demnach der Kausalzusammenhang der Erscheinungen noch nicht hat vollständig erkannt werden können, ist die Lehre vom Kosmos oder die physische Weltbeschreibung nicht eine abgesonderte Disziplin aus dem Gebiet der Naturwissenschaften. Sie umfaßt vielmehr dieses ganze Gebiet, die Phänomene beider Sphären, der himmlischen und der tellurischen; aber sie umfaßt sie unter dem einigen Gesichtspunkte des Strebens nach der Erkenntnis eines Weltganzen. Wie „bei der Darstellung des Geschehenen in der moralischen und politischen Sphäre der Geschichtsforscher nach menschlicher Ansicht den Plan der Weltregierung nicht unmittelbar erspähen, sondern nur an den Ideen erahnen kann, durch die sie sich offenbaren", so durchdringt auch den Naturforscher bei der Darstellung der kosmischen Verhältnisse ein inniges Bewußtsein, daß die Zahl der welttreibenden, der gestaltenden und schaffenden Kräfte keineswegs durch das erschöpft ist, was sich bisher aus der unmittelbaren Beobachtung und Zergliederung der Erscheinungen ergeben hat.

Anmerkungen.

[1] (S. 8.) In den einleitenden Betrachtungen zum Kosmos Bd. I, S. 23, hätte nicht im allgemeinen gesagt werden sollen, daß „in den Erfahrungswissenschaften die Auffindung von Gesetzen als das letzte Ziel menschlicher Forschung erscheine". Die Beschränkung: „in vielen Gruppen der Erscheinungen", wäre notwendig gewesen. Die Vorsicht, mit welcher ich mich im zweiten Bande über das Verhältnis von Newton zu Kepler ausgedrückt habe, kann, glaube ich, keinen Zweifel darüber lassen, daß ich das Auffinden von Naturgesetzen und ihre Deutung, d. h. die Erklärung der Phänomene, nicht miteinander verwechsle. Ich sage von Kepler: „Eine reiche Fülle genauer Beobachtungen, von Tycho de Brahe geliefert, begründete die Entdeckung der ewigen Gesetze planetarischer Bewegung, die Keplers Namen einen unsterblichen Ruhm bereiteten und, von Newton gedeutet, theoretisch als notwendig erwiesen, in das Lichtreich des Gedankens (eines denkenden Erkennens der Natur) übertragen wurden"; von Newton: „Wir endigen mit der Erdgestaltung, wie sie aus theoretischen Schlüssen erkannt worden ist. Newton erhob sich zu der Erklärung des Weltsystems, weil es ihm glückte, die Kraft zu finden, von deren Wirkung die Keplerschen Gesetze die notwendige Folge sind."

[2] (S. 8.) In der denkwürdigen Stelle, in welcher Aristoteles von „den Trümmern einer früher einmal gefundenen und dann wieder verlorenen Weisheit" spricht, heißt es sehr bedeutungsvoll und frei von der Verehrung der Naturkräfte und menschenähnlicher Götter: „Vieles ist mythisch hinzugefügt, zur Ueberredung der Menge, wie auch der Gesetze und anderer nützlicher Zwecke wegen."

[3] (S. 8.) Die wichtige Verschiedenheit dieser naturphilosophischen Richtungen, τρόποι, ist klar angedeutet in Arist. Phys. auscult. I, 4, p. 187 Bekker.

[4] (S. 9.) Eine merkwürdige Stelle des Simplicius, p. 491, b, setzt die Centripetalkraft deutlichst dem Umschwunge, der Centrifugalkraft, entgegen. Sie gedenkt des „Nichtherabfallens der himmlischen Körper, wenn der Umschwung die Oberhand hat über die eigene Fallkraft, den Zug nach unten". Deshalb wird

bei Plutarch der nicht zur Erde fallende Mond mit „dem Stein in der Schleuder" verglichen.

[5] (S. 9.) Für von dem Geiste, νοῦς, beseelt, werden auch die Pflanzen gehalten.

[6] (S. 10.) Das Pseudo-Aristotelische Buch De Mundo, welches Osann dem Chrysippus zuschreibt, enthält ebenfalls eine sehr beredte Stelle über den Weltordner und Welterhalter.

[7] (S. 10.) Vergl. Aristot. De Anima II, 7, p. 419. In dieser Stelle ist die Analogie mit dem Schalle auf das deutlichste ausgedrückt; aber in anderen Schriften hat Aristoteles seine Theorie des Sehens mannigfach modifiziert. So heißt es De Insomniis cap. 3, p. 459 Bekker: „Es ist offenbar, daß das Sehen, wie ein Leiden, so auch eine Thätigkeit ist, und daß das Gesicht nicht allein von der Luft (dem Mittel) etwas erleidet, sondern auch in das Mittel einwirkt." Zum Beweise wird angeführt, daß ein neuer, sehr reiner Metallspiegel unter gewissen Umständen, durch den darauf geworfenen Blick einer Frau, schwer zu vertilgende Nebelflecken erhält.

[8] (S. 10.) Die wissenschaftliche Begründung dieser, wie man sieht, sehr alten Ansicht erfolgte bekanntlich erst in unseren Tagen durch Charles Darwin. [D. Herausg.]

[9] (S. 11.) Wenn im Tierreiche unter den Repräsentanten der vier Elemente auf unserer Erde einige fehlen, z. B. die, welche das Element des reinsten Feuers darstellen, so können vielleicht diese Mittelstufen im Monde vorkommen. Sonderbar genug, daß der Stagirite in einem anderen Planeten sucht, was wir als Mittelglieder der Kette in den untergegangenen Formen von Tier- und Pflanzenarten finden!

[10] (S. 11.) Die ἀντιπερίστασις des Aristoteles spielt besonders eine große Rolle in allen Erklärungen meteorologischer Prozesse; so in den Werken: De generatione et interitu, den Meteorologicis und den Problemen, die wenigstens nach Aristotelischen Grundsätzen abgefaßt sind. In der alten Polaritätshypothese κατ' αντιπερίστασιν ziehen sich aber gleichartige Zustände an und ungleichartige (+ und —) stoßen sich entgegengesetzt ab. Die entgegengesetzten Zustände, statt sich bindend zu vernichten, erhöhen vielmehr die Spannung. Das ψυχρὸν steigert das θερμόν, sowie umgekehrt „die umgebende Wärme bei der Hagelbildung, indem das Gewölk sich in wärmere Luftschichten senkt, den kalten Körper noch kälter macht". Aristoteles erklärt durch seinen antiperistatischen Prozeß, durch Wärmepolarität, was die neuere Physik durch Leitung, Strahlung, Verdampfung, Veränderung der Wärmekapazität zu erklären weiß.

[11] (S. 11.) „Durch die Bewegung der Himmelssphäre wird alles Veränderliche in den Naturkörpern, werden alle irdischen Erscheinungen hervorgerufen."

[12] (S. 12.) Arist., Meteorol. XII, p. 1074, zu welcher Stelle

eine denkwürdige Erläuterung im Kommentar des Alexander Aphrodisiensis enthalten ist. Die Gestirne sind nicht seelenlose Körper, sie sind vielmehr als handelnde und lebendige Wesen zu betrachten. Sie sind das Göttlichere unter dem Erscheinenden, τὰ θειότερα τῶν φανερῶν. In der kleinen Pseudo-Aristotelischen Schrift De Mundo, in welcher oft eine religiöse Stimmung vorherrscht (von der erhaltenden Allmacht Gottes), wird der hohe Aether auch göttlich genannt. Was der phantasiereiche Kepler im Mysterium cosmographicum „bewegende Geister, animae motrices", nennt, ist die verworrene Idee einer Kraft (virtus), welche in der Sonne (anima mundi) ihren Hauptsitz hat, nach den Gesetzen des Lichts in der Entfernung abnimmt und die Planeten in elliptischen Bahnen umtreibt.

[13] (S. 13.) Verbrannt zu Rom am 17. Februar 1600, nach der Sentenz: Ut quam clementissime et citra sanguinis effusionem puniretur. Bruno war sechs Jahre unter den Bleidächern in Venedig, zwei Jahre in der Inquisition zu Rom gefangen gewesen. Als das Todesurteil ihm verkündigt ward, sagte der nichtgebeugte Mann die schönen, mutigen Worte: Majori forsitan cum timore sententiam in me fertis quam ego accipiam. Aus Italien flüchtig (1560), lehrte er in Genf, in Lyon, Toulouse, Paris, Oxford, Marburg, Wittenberg (das er Deutschlands Athen nennt), Prag, Helmstedt, wo er 1589 die wissenschaftliche Ausbildung des Herzogs Heinrich Julius von Braunschweig-Wolfenbüttel vollendete, und seit 1592 in Padua.

[14] (S. 13.) Ueber die große Himmelsbegebenheit des plötzlich (1572) in der Kassiopeia auflodernden neuen Sternes hat Bruno die einzelnen Beobachtungen sorgfältig zusammengestellt. Seine naturphilosophischen Beziehungen zu zweien seiner kalabresischen Landsleute, Bernardino Telesio und Thomas Campanella, wie zu dem platonisierenden Kardinal Nikolaus Krebs aus Kusa sind in neueren Zeiten vielfach geprüft worden.

[15] (S. 14.) „Si duo lapides in aliquo loco Mundi collocarentur propinqui invicem, extra orbem virtutis tertii cognati corporis; illi lapides ad similitudinem duorum Magneticorum corporum coirent loco intermedio, quilibet accedens ad alterum tanta intervallo, quanta est alterius *moles* in comparatione. Si luna et terra non retinerentur vi animali(!) aut alia aliqua aequipollente, quaelibet in suo circuitu, Terra adscenderet ad Lunam quinquagesima quarta parte intervalli, Luna descenderet ad Terram quinquaginta tribus circiter partibus intervalli; ibi jungerentur, posito tamen quod substantia utriusque sit unius et ejusdem densitatis." Kepler, Astronomia nova, seu Physica coelestis de Motibus Stellae Martis, 1609, Introd. fol. V.

[16] (S. 14.) „Si Terra cessaret attrahere ad se aquas suas, aquae marinae omnes elevarentur et in corpus Lunae

influerent. Orbis virtutis tractoriae, quae est in Luna, porrigitur usque ad terras, et prolectat aquas quacunque in verticem loci incidit sub Zonam torridam, quippe in occursum suum quacunque inverticem loci incidit, insensibiliter in maribus inclusis, sensibiliter ibi ubi sunt latissimi alvei Oceani propinqui, aquisque spaciosa reciprocationis libertas.“ (Kepler l. c.) „Undas a Luna trahi ut ferrum a Magnete . . .“ Kepleri Harmonices Mundi libri quinque 1619, lib. IV, cap. 7, p. 162. Dieselbe Schrift, welche so viel Herrliches darbietet, ja die Begründung des wichtigen dritten Gesetzes (nach dem die Quadrate der Umlaufszeiten zweier Planeten sich verhalten wie die Würfel der mittleren Entfernungen), wird durch die mutwilligsten Phantasiespiele über die Respiration, die Nahrung und die Wärme des Erdtieres, über des Tieres Seele, sein Gedächtnis (memoria animae Terrae), ja seine schaffende Einbildungskraft (animae Telluris imaginatio) verunstaltet. Der große Mann hielt so fest an diesen Träumereien, daß er mit dem mystischen Verfasser des Macrocosmos, Robert Fludd aus Oxford (der an der Erfindung des Thermometers teil haben soll), über das Prioritätsrecht der Ansichten vom Erdtiere ernsthaft haderte. — Massenanziehung wird in Keplers Schriften oft mit magnetischer Anziehung verwechselt. „Corpus Solis esse magneticum. Virtutem, que Planetas movet, residere in corpore Solis.“ (Stella Martis Pars III, cap. 32 und 34.) Jedem Planeten wurde eine Magnetachse zugeschrieben, welche stets nach einer und derselben Weltgegend gerichtet ist.

[17] (S. 15.) „Lunam aquis carere et aëre: Marium similitudinem in Luna nullam reperio. Nam regiones planas quae montosis multo obscuriores sunt, quasque vulgo pro maribus haberi video et oceanorum nominibus insigniri, in his ipsis, longiore telescopio inspectis, cavitates exiguas inesse comperio rotundas, umbris intus cadentibus; quod maris superficiei convenire nequit: Tum ipsi campi illi latiores non prorsus aequabilem superficiem praeferunt, cum diligentius eas intuemur. Quodcirca maria esse non possunt, sed materia constare debent minus candicante, quam quae est partibus asperioribus, in quibus rursus quaedam viridiori lumine caeteras praecellunt.“ Hugenii Cosmotheoros ed. alt. 1699, lib. II, p. 114. Auf dem Jupiter vermutet aber Huygens viel Sturm und Regen, denn: Ventorum flatus ex illa nubium Jovialium mutabili facie cognoscitur. Die Träume von Huygens über die Bewohner ferner Planeten, eines strengen Mathematikers eben nicht würdig, sind leider von Immanuel Kant in seinem vortrefflichen Werke: Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels, 1755, erneuert worden.

[18] (S. 16.) „Adjicere jam licet de spiritu quodam subtilissimo corpora crassa pervadente et in iisdem latente, cujus

vi et actionibus particulae corporum ad *minimas distantias* se mutuo *attrahunt* et contiguae factae cohaerent.“ Newton, Principia Phil. Nat. (ed. Le Seur et Jacquier 1760) Schol. gen. T. III, p. 676.

[19] (S. 16.) „Hactenus phaenomena caelorum et maris nostri per vim gravitatis exposui, sed causam gravitatis nondum assignavi. Oritur utique haec vis a causa aliqua, quae penetrat ad usque centra solis et planetarum, sine virtutis diminutione; quaeque agit non pro quantitate superficierum particularum, in quas agit (ut solent causae mechanicae), sed pro quantitate materiae solidae. — Rationem harum gravitatis proprietatum ex phaenomenis nondum potui deducere et hypotheses non fingo. Satis est quod gravitas revera existat et agat secundum leges a nobis expositas.“ Newton, Principia Phil. Nat. p. 676. — „To tell us that every species of things is endow'd with an occult specifick quality by which it acts and produces manifest effects, is to tell us nothing: but to derive two or three general principles of motion from phaenomena, and afterwards to tell us how the properties and actions of all corporeal things follow from those manifest principles, would be a very great step in Philosophy, though the causes of those principles were not yet discovered: and therefore I scruple not to propose the principles of motion and leave their causes to be found out.“ Newton, Opticks p. 377. Früher, Query 31, p. 351, heißt es: „Bodies act one upon another by the attraction of gravity, magnetism and electricity, and it is not improbable that there may be more attractive powers than these. How these attractions may be performed, I do not here consider. What I call attraction, may be performed by *impulse* or by some other means unknown to me. I use that word here to signify only in general any force by which bodies tend towards one another, whatsoever be the cause.“

[20] (S. 17.) „I suppose the rarer aether within bodies and the denser without them.“ Operum Newtoni Tomus IV (ed. 1782 Sam. Horsley), p. 386, mit Anwendung auf die Erklärung der von Grimaldi entdeckten Diffraktion oder Lichtbeugung. Am Schlusse des Briefes von Newton an Robert Boyle vom Februar 1867, p. 394 heißt es: „I shall set down one conjecture more which came into my mind: it is about the cause of gravity . . . . .“ Auch die Korrespondenz mit Oldenburg vom Dezember 1675 beweist, daß der große Mann damals den Aetherhypothesen nicht abgeneigt war. Nach diesen sollte der Stoß des materiellen Lichtes den Aether in Schwingung setzen; die Schwingungen des Aethers allein, welcher Verwandtschaft mit einem Nervenfluidum hat, erzeugten nicht das Licht.

[21] (S. 17.) Die Erklärung, not to take gravity for an

essential property of bodies, welche Newton im second Advertisement gibt, kontrastiert mit den Attraktions- und Repulsionskräften, welche er allen Massenteilchen (molécules) zuschreibt, um nach der Emissionstheorie die Phänomene der Brechung und Zurückwerfung der Lichtstrahlen von spiegelnden Flächen „vor der wirklichen Berührung" zu erklären. (Newton, Opticks Book II, Prop. 8, p. 241, und Brewster a. a. O. p. 301.) Nach Kant kann die Existenz der Materie nicht gedacht werden ohne diese Kräfte der Anziehung und Abstoßung. Alle physischen Erscheinungen sind deshalb nach ihm wie nach dem früheren Goodwin Knight auf den Konflikt der zwei Grundkräfte zurückzuführen. In den atomistischen Systemen, die Kants dynamischen Ansichten diametral entgegengesetzt sind, wurde durch eine Annahme, welche besonders durch Lavoisier sich weit verbreitete, die Anziehungkraft den diskreten starren Grundkörperchen (molécules), aus denen alle Körper bestehen sollen, die Abstoßungskraft aber den Wärmestoffatmosphären, welche die Grundkörperchen umgeben, zugeschrieben. In dieser Hypothese, welche den sogenannten Wärmestoff als eine stetig ausgedehnte Materie betrachtet, werden demnach zweierlei Materien, d. i. zweierlei Elementarstoffe, wie in der Mythe von zwei Aetherarten angenommen. Man fragt dann, was wiederum jene Wärmematerie ausdehnt? Betrachtungen über die Dichtigkeit der molécules in Vergleich mit der Dichtigkeit ihrer Aggregate (der ganzen Körper) leiten nach atomistischen Hypothesen zu dem Resultate, daß der Abstand der Grundkörperchen voneinander weit größer als ihr Durchmesser ist.

A.

Ergebnisse der Beobachtung

aus dem

uranologischen Teile

der physischen Weltbeschreibung.

Wir beginnen wieder mit den Tiefen des Weltraumes und den fernen Sporaden der Sternschwärme, welche dem teleskopischen Sehen als schwach aufglimmende Nebelflecke erscheinen. Stufenweise steigen wir herab zu den um einen gemeinschaftlichen Schwerpunkt kreisenden, oft zweifarbigen Doppelsternen, zu den näheren Sternschichten, deren eine unser Planetensystem zu umschließen scheint; durch dieses Planetensystem zu dem luft- und meerumflossenen Erdsphäroid, das wir bewohnen. Es ist schon in dem Eingange des allgemeinen Naturgemäldes angedeutet worden, daß dieser Ideengang dem eigentlichen Charakter eines Werkes über den Kosmos allein angemessen ist: da hier nicht, den Bedürfnissen unmittelbarer sinnlicher Anschauung entsprechend, von dem heimischen, durch organische Kräfte auf seiner Oberfläche belebten, irdischen Wohnsitze begonnen und von den scheinbaren Bewegungen der Weltkörper zu den wirklichen übergegangen werden kann.

Das uranologische Gebiet, dem tellurischen entgegengesetzt, zerfällt bequem in zwei Abteilungen, von denen die eine die Astrognosie oder den Fixsternhimmel, die andere unser Sonnen- und Planetensystem umfaßt. Wie unvollkommen und ungenügend eine solche Nomenklatur, die Bezeichnung solcher Abteilungen ist, braucht hier nicht

wiederholt entwickelt zu werden. Es sind in den Naturwissenschaften Namen eingeführt worden, ehe man die Verschiedenartigkeit der Objekte und ihre strengere Begrenzung hinlänglich kannte. Das Wichtigste bleibt die Verkettung der Ideen und die Anreihung, nach der die Objekte behandelt werden sollen. Neuerungen in den Namen der Gruppen, Ablenkung vielgebrauchter Namen von ihrer bisherigen Bedeutung wirken entfremdend und zugleich Verwirrung erregend.

α. Astrognosie (Fixsternhimmel).

Nichts ist ruhend im Weltraum; auch die Fixsterne sind es nicht, wie zuerst Halley an Sirius, Arcturus und Aldebaran darzuthun versuchte, und die neuere Zeit unwidersprechlich bei vielen erwiesen hat. Der helle Stern im Ochsenhüter Arcturus hat in den 2100 Jahren (seit Aristillus und Hipparch), wie er beobachtet wird, um drittehalb Vollmondbreiten seinen Ort verändert gegen die benachbarten schwächeren Sterne. Encke bemerkt, „daß der Stern μ in der Kassiopeia um 3½, der Stern 61 des Schwans um 6 Vollmondbreiten von ihrer Stelle gerückt erschienen sein würden, wenn die alten Beobachtungen genau genug gewesen wären, um es anzuzeigen". Schlüsse, auf Analogieen gegründet, berechtigen zu der Vermutung, daß überall fortschreitende und auch wohl rotierende Bewegung ist. Der Name Fixstern leitet auf irrige Voraussetzungen; man mag ihn in seiner ersten Deutung bei den Griechen auf das Eingeheftetsein in den kristallenen Himmel, oder nach späterer, mehr römischer Deutung auf das Feste, Ruhende beziehen. Eine dieser Ideen mußte zu der anderen führen. Im griechischen Altertum, wenigstens hinaufreichend bis Anaximenes aus der ionischen Schule oder bis zu dem Pythagoreer Alkmäon, wurden alle Gestirne eingeteilt in wandelnde (ἄστρα πλανώμενα oder πλανητά) und in nicht wandelnde, feste Sterne (ἀπλανεῖς ἀστέρες oder ἀπλανῆ ἄστρα). Neben dieser allgemein gebrauchten Benennung der Fixsterne, welche Macrobius im Somnium Scipionis durch Sphaera aplanes latinisiert, findet sich bei Aristoteles mehrfach (als wolle er einen neuen terminus technicus durchführen) für Fixsterne der Name eingehefteter Gestirne, ἐνδεδεμένα ἄστρα, statt ἀπλανῆ.[1] Aus dieser Wortform sind

entstanden: bei Cicero sidera infixa coelo; bei Plinius stellas, quas putamus affixas; ja bei Manilius astra fixa, ganz wie unsere Fixsterne. Die Idee des Eingeheftetseins leitete auf den Nebenbegriff der Unbeweglichkeit, des Fest-an-einer-Stelle-bleibens, und so wurde das ganze Mittelalter hindurch, in lateinischen Uebersetzungen, die ursprüngliche Bedeutung des Worts infixum oder affixum sidus nach und nach verdrängt und die Idee der Unbeweglichkeit allein festgehalten. Den Anstoß dazu finden wir schon in der sehr rhetorischen Stelle des Seneca (Nat. Quaest. VII, 25) über die Möglichkeit neue Planeten zu entdecken: „Credis autem in hoc maximo et pulcherrimo corpore inter innumerabiles stellas, quae noctem decore vario distinguunt, quae aëra minime vacuum et inertem esse patiuntur, quinque solas esse, quibus exercere se liceat; *ceteras stare, fixum et immobilem populum?*“ Dies stille, unbewegliche Volk ist nirgends zu finden.

Um die Hauptresultate wirklicher Beobachtung und die Schlüsse oder Vermutungen, zu welchen diese Beobachtungen führen, bequem in Gruppen zu verteilen, sondere ich in der astrognostischen Sphäre der Weltbeschreibung voneinander ab:

1) die Betrachtungen über den Weltraum und was ihn zu erfüllen scheint;

2) das natürliche und teleskopische Sehen, das Funkeln der Gestirne, die Geschwindigkeit des Lichts und die photometrischen Versuche über die Intensität des Sternenlichtes;

3) die Zahl, Verteilung und Farbe der Sterne; die Sternhaufen (Sternschwärme) und die Milchstraße, welche mit wenigen Nebelflecken gemengt ist;

4) die neuerschienenen und die verschwundenen Sterne, die periodisch veränderlichen;

5) die eigene Bewegung der Fixsterne, die problematische Existenz dunkeler Weltkörper, die Parallaxe und gemessene Entfernung einiger Fixsterne;

6) die Doppelsterne und die Zeit ihres Umlaufs um einen gemeinschaftlichen Schwerpunkt;

7) die Nebelflecke, welche in den Magelhaensschen Wolken mit vielen Sternhaufen vermischt sind; die schwarzen Flecken (Kohlensäcke) am Himmelsgewölbe.

I.

Der Weltraum, und Vermutungen über das, was den Weltraum zwischen den Gestirnen zu erfüllen scheint.

Man ist geneigt, die physische Weltbeschreibung, wenn sie von dem anhebt, was die fernsten Himmelsräume zwischen den geballten Weltkörpern ausfüllt und unseren Organen unerreichbar bleibt, mit den mythischen Anfängen der Weltgeschichte zu vergleichen. In der unendlichen Zeit wie im unendlichen Raume erscheint alles in ungewissem, oft täuschendem Dämmerlichte. Die Phantasie ist dann zweifach angeregt, aus eigener Fülle zu schöpfen und den unbestimmten, wechselnden Gestalten Umriß und Dauer zu geben. Ein solches Geständnis kann genügen, denke ich, um vor dem Vorwurf zu bewahren, das, was durch unmittelbare Beobachtung oder Messung zu einer mathematischen Gewißheit erhoben worden, mit dem zu vermischen, was auf sehr unvollständige Induktionen gegründet ist. Wilde Träume gehören in die Romantik der physischen Astronomie. Ein durch wissenschaftliche Arbeiten geübter Sinn verweilt aber gern bei solchen Fragen, welche, in genauem Zusammenhange mit dem damaligen Zustande unseres Wissens, wie mit den Hoffnungen, welcher dieser Zustand erregt, schon von den ausgezeichnetsten Astronomen unserer Zeit einer ernsten Erörterung wert gehalten worden sind.

Durch den Einfluß der Gravitation oder allgemeinen Schwere, durch Licht und strahlende Wärme stehen wir, wie man mit großer Wahrscheinlichkeit annehmen kann, in Verkehr nicht bloß mit unserer Sonne, sondern auch mit allen anderen leuchtenden Sonnen des Firmaments. Die wichtige Entdeckung von dem Widerstande, welchen ein, den Weltraum füllendes Fluidum einem Kometen von fünfjähriger Umlaufszeit meßbar entgegensetzt, hat sich durch die genaue Uebereinstimmung der numerischen Verhältnisse vollständig bewährt. Auf Analogieen gegründete Schlüsse können einen Teil der weiten Luft ausfüllen, welche die sicheren Resultate einer mathematischen Naturphilosophie von den Ahnungen trennt, die auf die äußersten, und darum sehr nebeligen und öden Grenzen aller wissenschaftlichen Gedankenentwickelung gerichtet sind.

Aus der Unendlichkeit des Weltraums, die freilich von Aristoteles bezweifelt ward, folgt seine Unermeßlichkeit. Nur einzelne Teile sind meßbar geworden; und die, alle unsere Fassungskraft überschreitenden Resultate der Messung werden gern von denen zusammengestellt, welche an großen Zahlen eine kindliche Freude haben, ja wohl gar wähnen durch staunen- und schreckenerregende Bilder physischer Größe den Eindruck der Erhabenheit astronomischer Studien vorzugsweise zu erhöhen. Die Entfernung des 61. Sterns des Schwans von der Sonne ist 657 000 Halbmesser der Erdbahn, und das Licht braucht etwas über 10 Jahre, um diese Entfernung zu durchlaufen, während es in 8′ 16″,78 von der Sonne zur Erde gelangt. Sir John Herschel vermutet nach einer sinnreichen Kombination photometrischer Schätzungen, daß Sterne des großen Ringes der Milchstraße, die er im 20füßigen [2] Teleskop aufglimmen sah, wären es neu entstandene leuchtende Weltkörper, an 2000 Jahre gebraucht haben würden, um uns den ersten Lichtstrahl zuzusenden. Alle Versuche, solche numerischen Verhältnisse anschaulich zu machen, scheitern entweder an der Größe der Einheit, wodurch sie gemessen werden sollen oder an der Größe der Zahl aus den Wiederholungen dieser Einheit. Bessel sagte sehr wahr: daß „die Entfernung, welche das Licht in einem Jahre durchläuft, nicht anschaulicher für uns ist als die Entfernung, die es in zehn Jahren zurücklegt. Dazu verfehlt ihren Zweck jede Bemühung, eine Größe zu versinnlichen, welche alle auf der Erde zugänglichen weit überschreitet“. Die unsere Fassungskraft bedrängende Macht der Zahlen bietet sich uns in den kleinsten Organismen des Tierlebens wie in der Milchstraße der selbstleuchtenden Sonnen dar, die wir Fixsterne nennen. Welche Masse von Polythalamien schließt nicht nach Ehrenberg eine dünne Kreideschichte ein! Von der mikroskopischen Galionella distans enthält ein Kubikzoll nach diesem großen Naturforscher in der 40 Fuß (13 m) hohen Bergkuppe des Biliner Polierschiefers 41 000 Millionen Einzeltiere. Von Galionella ferruginea enthält der Kubikzoll über 1 Billion 750 000 Millionen Individuen. Solche Schätzungen erinnern an den Arenarius (ψαμμίτης) des Archimedes, an die Sandkörner, welche den Weltraum ausfüllen könnten! Mahnen am Sternenhimmel die Eindrücke von nicht auszusprechenden Zahlen und räumlicher Größe, von Dauer und langen Zeitperioden den Menschen an seine Kleinheit, an seine physische Schwäche, an das

Ephemere seiner Existenz, so erhebt ihn freudig und kräftigend wieder das Bewußtsein, durch Anwendung und glückliche Selbstentwickelung der Intelligenz schon so vieles und so wichtiges von der Gesetzmäßigkeit der Natur, von der siderischen Weltordnung erforscht zu haben.

Wenn die Welträume, welche die Gestirne voneinander trennen, nicht leer,[3] sondern mit irgend einer Materie gefüllt sind, wie nicht bloß die Fortpflanzung des Lichtes, sondern auch eine besondere Art seiner Schwächung, das auf die Umlaufszeit des Enckischen Kometen wirkende widerstehende (hemmende) Mittel und die Verdunstung zahlreicher und mächtiger Kometenschweife zu beweisen scheinen, so müssen wir aus Vorsicht gleich hier in Erinnerung bringen, daß unter den unbestimmten jetzt gebrauchten Benennungen: Himmelsluft, kosmische (nicht selbstleuchtende) Materie, und Weltäther, die letzte, uns aus dem frühesten süd- und westasiatischen Altertume überkommen, im Laufe der Jahrhunderte nicht ganz dieselben Ideen bezeichnet hat. Bei den indischen Naturphilosophen gehört der Aether (âkâ'sa) zum Fünftum (pantschatâ), d. h. er ist eins von den fünf Elementen: ein Fluidum unendlicher Feinheit, welches das Universum, das ganze Weltall durchdringt, sowohl der Anreger des Lebens als das Fortpflanzungsmittel des Schalles.[4] Etymologisch bedeutet âkâ'sa nach Bopp „leuchtend, glänzend, und steht demnach in seiner Grundbedeutung dem Aether der Griechen so nahe, als Leuchten dem Brennen steht“.

Dieser Aether (αἰθήρ) war nach den Dogmen der ionischen Naturphilosophie, nach Anaxagoras und Empedokles, von der eigentlichen, gröberen (dichteren), mit Dünsten gefüllten Luft (ἀήρ), die den Erdkreis umgibt „und vielleicht bis zum Monde reicht“, ganz verschieden. Er war „feuriger Natur, eine reine Feuerluft: hellstrahlend,[5] von großer Feinheit (Dünne) und ewiger Heiterkeit“. Mit dieser Definition stimmt vollkommen die etymologische Ableitung von brennen (αἴθειν), die später sonderbar genug aus Vorliebe für mechanische Ansichten, wegen des beständigen Umschwunges und Kreislaufes, von Plato und Aristoteles wortspielend in eine andere (ἀεὶ θεῖν) umgewandelt wurde.[6] Der Begriff der Feinheit und Dünne des hohen Aethers scheint nicht etwa Folge der Kenntnis reiner, von schweren Erddünsten mehr befreiter Bergluft, oder gar der mit der Höhe abnehmenden Dichte der Luftschichten gewesen zu sein. Insofern die Elemente der Alten

weniger Stoffverschiedenheiten oder gar Einfachheit (Unzerlegbarkeit) von Stoffen als Zustände der Materie ausdrücken, wurzelt der Begriff des hohen Aethers (der feurigen Himmelsluft) in dem ersten und normalen Gegensatze von schwer und leicht, von unten und oben, von Erde und Feuer. Zwischen diesen Extremen liegen zwei mittlere Elementarzustände: Wasser, der schweren Erde, Luft, dem leuchtenden Feuer näher.[7]

Der Aether des Empedokles hat als ein den Weltraum füllendes Mittel nur durch Feinheit und Dünne Analogie mit dem Aether, durch dessen Transversalschwingungen die neuere Physik die Fortpflanzung des Lichtes und alle Eigenschaften desselben (doppelte Brechung, Polarisation, Interferenz) so glücklich nach rein mathematischer Gedankenentwickelung erklärt. In der Naturphilosophie des Aristoteles wird dazu noch gelehrt, daß der ätherische Stoff alle lebendigen Organismen der Erde, Pflanzen und Tiere, durchdringe; daß er ihnen das Prinzip der Lebenswärme, ja der Keim eines seelischen Prinzips werde, welches unvermischt mit dem Körper die Menschen zur Selbstthätigkeit anfache. Diese Phantasieen ziehen den Aether aus dem höheren Weltraum in die irdische Sphäre herab; sie zeigen ihn als eine überaus feine, den Luftkreis und starre Körper kontinuierlich durchdringende Substanz, ganz wie den schwingenden Lichtäther bei Huygens, Hooke und den jetzigen Physikern. Was aber zunächst beide Hypothesen des Aethers, die ältere ionische und die neuere, voneinander unterscheidet, ist die ursprüngliche, wenn auch von Aristoteles nicht ganz geteilte Annahme des Selbstleuchtens. Die hohe Feuerluft des Empedokles wird ausdrücklich hellstrahlend (παμφανόων) genannt, und bei gewissen Erscheinungen von den Erdbewohnern durch Spalten und Risse (χάσματα), die in dem Firmamente sich bilden, in Feuerglanz gesehen.

Bei dem jetzt so vielfach erforschten innigen Verkehr zwischen Licht, Wärme, Elektrizität und Magnetismus wird es für wahrscheinlich gehalten, daß, wie die Transversalschwingungen des den Weltraum erfüllenden Aethers die Erscheinungen des Lichts erzeugen, die thermischen und elektromagnetischen Erscheinungen auf analogen Bewegungsarten (Strömungen) beruhen. Große Entdeckungen über diese Gegenstände bleiben der Zukunft vorbehalten. Das Licht und die von diesem unzertrennliche, strahlende Wärme sind für die

nicht selbstleuchtenden Weltkörper, für die Oberfläche unseres Planeten eine Hauptursache aller Bewegung und alles organischen Lebens.[8] Selbst fern von der Oberfläche, im Inneren der Erdrinde, ruft die eindringende Wärme elektromagnetische Strömungen hervor, welche auf Stoffverbindungen und Stoffzersetzungen, auf alle gestaltende Thätigkeit im Mineralreiche, auf die Störung des Gleichgewichts in der Atmosphäre, wie auf die Funktionen vegetabilischer und animalischer Organismen ihren anregenden Einfluß ausüben. Wenn in Strömungen bewegte Elektrizität magnetische Kräfte entwickelt, wenn nach einer früheren Hypothese von Sir William Herschel die Sonne selbst sich in dem Zustande „eines perpetuierlichen Nordlichts" (ich würde sagen eines elektromagnetischen Gewitters) befände, so wäre es nicht ungeeignet, zu vermuten, daß auch in dem Weltraume das durch Aetherschwingungen fortgepflanzte Sonnenlicht von elektromagnetischen Strömungen begleitet sei.

Unmittelbare Beobachtung der periodischen Veränderung in der Deklination, Inklination und Intensität hat freilich bisher in dem Erdmagnetismus bei den verschiedenen Stellungen der Sonne [s. Zusätze am Schluß d. Bd.] oder des uns nahen Mondes keinen Einfluß mit Sicherheit offenbart. Die magnetische Polarität der Erde zeigt nicht Gegensätze, welche sich auf die Sonne beziehen und welche die Vorrückung der Nachtgleichen bemerkbar affiziert. Nur die merkwürdige drehende oder schwingende Bewegung des ausströmenden Lichtkegels des Halleyschen Kometen, welche Bessel vom 12. zum 22. Oktober 1835 beobachtete und zu deuten versuchte, hatte diesen großen Astronomen von dem Dasein einer Polarkraft, „von der Wirkung einer Kraft überzeugt, welche von der Gravitation oder gewöhnlichen anziehenden Kraft der Sonne bedeutend verschieden sei, weil diejenigen Teile des Kometen, welche den Schweif bilden, die Wirkung einer abstoßenden Kraft des Sonnenkörpers erfahren". Auch der prachtvolle Komet von 1744, den Heinsius beschrieben, hatte bei meinem verewigten Freunde zu ähnlichen Vermutungen Anlaß gegeben.

Für minder problematisch als die elektromagnetischen Phänomene im Weltraum werden die Wirkungen der strahlenden Wärme gehalten. Die Temperatur des Weltraums ist nach Fourier und Poisson das Resultat der Wärmestrahlung der Sonne und aller Gestirne, vermindert durch die Absorption, welche die Wärme erleidet, indem sie den „mit Aether"

gefüllten Raum durchläuft.[9] Dieser **Sternenwärme** geschieht schon bei den Alten (bei Griechen und Römern)[10] mehrfach Erwähnung, nicht bloß weil nach einer allgemein herrschenden Voraussetzung die Gestirne der Region des feurigen Aethers angehören, sondern weil sie selbst feuriger Natur, ja nach der Lehre des Aristarch von Samos Fixsterne und Sonne **einer** Natur sind. In der neuesten Zeit ist durch die zwei großen französischen Mathematiker, welche wir eben genannt, das Interesse für die ungefähre Bestimmung der Temperatur der Welträume um so lebhafter angeregt worden, als man endlich eingesehen hat, wie wichtig diese Bestimmung wegen Wärmestrahlung der Erdoberfläche gegen das Himmelsgewölbe für alle thermischen Verhältnisse, ja man darf sagen für die ganze Bewohnbarkeit unseres Planeten ist. Nach der **analytischen Theorie der Wärme** von Fourier ist die Temperatur des Weltraums (des espaces planétaires ou célestes) etwas unter der mittleren Temperatur der Pole, vielleicht selbst noch unter dem größten Kältegrade, welchen man bisher in den Polargegenden beobachtet hat. Fourier schätzt sie demnach auf — 50° bis — 60° Cent. (— 40° bis 48° Reaum. **unter** dem Gefrierpunkte). Der **Eispol** (pôle glacial), Punkt der größten Kälte, fällt ebensowenig mit dem Erdpole zusammen, als der Wärmeäquator (équateur thermal), der die wärmsten Punkte aller Meridiane verbindet, mit dem geographischen Aequator. Der nördliche Erdpol ist, aus der allmählichen Abnahme der Mitteltemperaturen geschlossen, nach Arago — 25°, wenn das Maximum der im Januar 1834 im Fort Reliance (Br. 62° 46′) von Kapitän Back gemessenen Kälte (— 56,6° — 45,3° Reaum.) war.[11] Die niedrigste uns bekannte Temperatur, welche man bisher auf der Erde überhaupt wahrgenommen hat, ist wohl die zu Jakutsk (Br. 62° 2′) am 21. Januar 1838 von Neveroff beobachtete. Der in allen seinen Arbeiten so genaue Middendorff hatte die Instrumente des Beobachters mit den seinigen verglichen. Neveroff fand die Kälte des genannten Tages — 60° Cent. (— 48° R.).

Zu den vielen Gründen der Unsicherheit eines numerischen Resultats für den thermischen Zustand des Weltraums gehört auch der, daß man bisher nicht vermag, das Mittel aus den Temperaturangaben der Eispole beider Hemisphären zu ziehen, da wir mit der Meteorologie des Südpols, welche die mittleren Jahrestemperaturen entscheiden soll, noch so wenig bekannt sind. Die Behauptung Poissons, daß wegen

der ungleichen Verteilung der wärmestrahlenden Sterne die verschiedenen Regionen des Weltraums eine sehr verschiedene Temperatur haben, und daß der Erdkörper während der Bewegung des ganzen Sonnensystems, warme und kalte Regionen durchwandernd, von außen seine innere Wärme erhalten habe,[12] hat für mich eine sehr geringe physikalische Wahrscheinlichkeit.

Ob der Temperaturzustand des Weltraumes, ob die Klimate der einzelnen Regionen desselben in dem Lauf der Jahrtausende großen Veränderungen ausgesetzt sind, hängt vorzüglich von der Lösung eines von Sir William Herschel lebhaft angeregten Problemes ab: sind die Nebelflecke fortschreitenden Gestaltungsprozessen unterworfen, indem sich in ihnen der Weltdunst um einen oder um mehrere Kerne, nach Attraktionsgesetzen, verdichtet? Durch eine solche Verdichtung des kosmischen Nebels nämlich muß, wie bei jedem Uebergange des Gasförmigen und Flüssigen zum Starren, Wärme entbunden werden. Wenn nach den neuesten Ansichten, nach den wichtigen Beobachtungen von Lord Rosse und Bond, es wahrscheinlich wird, daß alle Nebelflecke, selbst die, welche durch die größte Kraft der optischen Instrumente noch nicht ganz aufgelöst wurden, dicht zusammengedrängte Sternschwärme sind, so wird der Glaube an diese perpetuierlich anwachsende Wärmeerzeugung allerdings etwas erschüttert. Aber auch kleine starre Weltkörper, die in Fernröhren als unterscheidbare leuchtende Punkte aufglimmen, können zugleich ihre Dichte verändern, indem sie sich zu größeren Massen verbinden; ja viele Erscheinungen, welche unser eigenes Planetensystem darbietet, leiten zu der Annahme, daß die Planeten aus einem dunstförmigen Zustande erstarrt sind, daß ihre innere Wärme dem Gestaltungsprozesse der geballten Materie ihren Ursprung verdankt.

Es muß auf den ersten Anblick gewagt erscheinen, eine so grausenvoll niedrige Temperatur des Weltraums, welche zwischen dem Gefrierpunkt des Quecksilbers und dem des Weingeistes liegt, den bewohnbaren Klimaten des Erdkörpers, dem Pflanzen- und Tierleben, wenn auch nur mittelbar, wohlthätig zu nennen; aber um die Richtigkeit des Ausdrucks zu begründen, braucht man nur an die Wirkung der Wärmeausstrahlung zu denken. Unsere durch den Sonnenkörper erwärmte Erdoberfläche und der Luftkreis selbst bis zu seinen obersten Schichten strahlen frei gegen den Himmels-

raum. Der Wärmeverlust, den sie erleiden, entsteht aus dem thermischen Unterschiede des Himmelsraums und der Luftschichten, aus der Schwäche der Gegenstrahlung. Wie ungeheuer[13] würde dieser Verlust sein, wenn der Weltraum, statt der Wärme, welche wir durch — 60° eines Quecksilberthermometers nach Centesimalgraden bezeichnen, eine viel niedrigere, z. B. — 800°, oder gar eine mehrere tausendmal geringere Temperatur hätte!

Es bleibt uns übrig, noch zwei Betrachtungen über das Dasein eines den Weltraum füllenden Fluidums zu entwickeln, von denen die eine, schwächer begründete, auf eine beschränkte Durchsichtigkeit des Weltraums, die andere, auf unmittelbare Beobachtung gestützt und numerische Resultate liefernd, sich auf die regelmäßig verkürzte Umlaufszeit des Enckischen Kometen bezieht. Olbers in Bremen und, wie Struve bemerkt, achtzig Jahre früher Loys de Cheseaux in Genf machten auf das Dilemma aufmerksam: es müsse, da man sich in dem unendlichen Weltraume keinen Punkt denken könne, der nicht einen Fixstern, d. i. eine Sonne darböte, entweder das ganze Himmelsgewölbe, wenn das Licht vollständig ungeschwächt zu uns gelangte, so leuchtend als unsere Sonne erscheinen, oder, wenn dem nicht so sei, eine Lichtschwächung im Durchgang durch den Weltraum angenommen werden, eine Abnahme der Lichtintensität in stärkerem Maße als in dem umgekehrten Verhältnis des Quadrats der Entfernung. Indem wir nun einen solchen den ganzen Himmel fast gleichförmig bedeckenden Lichtglanz, dessen auch Halley nach einer von ihm verworfenen Hypothese gedenkt, nicht bemerken, so muß, nach Cheseaux, Olbers und Struve, der Weltraum keine vollkommene und absolute Durchsichtigkeit haben. Resultate, die Sir William Herschel aus Sterneichungen und aus sinnreichen Untersuchungen über die raumdurchdringende Kraft seiner großen Fernröhre gezogen, scheinen zu begründen, daß, wenn das Licht des Sirius auf seinem Wege zu uns durch ein gasförmiges oder ätherisches Fluidum auch nur um $^1/_{800}$ geschwächt würde, diese Annahme, welche das Maß der Dichtigkeit eines lichtschwächenden Fluidums gäbe, schon hinreichen könnte, die Erscheinungen, wie sie sich darbieten, zu erklären. Unter den Zweifeln, welche der berühmte Verfasser der neuen Outlines of Astronomy gegen Olbers und Struve aufstellt, ist einer der wichtigsten, daß sein zwanzigfüßiges Teleskop in

dem größten Teile der Milchstraße, in beiden Hemisphären, ihm die kleinsten Sterne auf schwarzem Grunde projiziert [14] zeigt.

Einen besseren und, wie schon oben gesagt, durch unmittelbare Beobachtung begründeten Beweis von dem Dasein eines widerstandleistenden hemmenden Fluidums liefern der Enckische Komet und die scharfsinnigen, so wichtigen Schlußfolgen, auf welche derselbe meinen Freund geleitet hat. Das hemmende Mittel muß aber von dem alles durchdringenden Lichtäther verschieden gedacht werden, weil dasselbe nur Widerstand leisten kann, indem es das Starre nicht durchdringt. Die Beobachtungen erfordern zur Erklärung der verminderten Umlaufszeit (der verminderten großen Achse der Ellipse) eine Tangentialkraft, und die Annahme des widerstehenden Fluidums gewährt diese am direktesten.[15] Die größte Wirkung äußert sich in den nächsten 25 Tagen vor dem Durchgange des Kometen durch das Perihel, und in den 25 Tagen, welche auf den Durchgang folgen. Der Wert der Konstante ist also etwas verschieden, weil nahe am Sonnenkörper die so dünnen, aber doch gravitierenden Schichten des hemmenden Fluidums dichter sind. Olbers behauptete, daß das Fluidum nicht in Ruhe sein könne, sondern rechtläufig um die Sonne rotiere; und deshalb müsse der Widerstand gegen rückläufige Kometen, wie der Halleysche, ganz anders sein als gegen den rechtläufigen Enckischen Kometen. Die Perturbationsrechnungen bei Kometen von langem Umlaufe und die Verschiedenheit der Massen und Größen der Kometen verwickeln die Resultate und verhüllen, was einzelnen Kräften zuzuschreiben sein könnte.

Die dunstartige Materie, welche den Ring des Tierkreislichtes bildet, ist, wie Sir John Herschel sich ausdrückt, vielleicht nur der dichtere Teil des kometenhemmenden Fluidums selbst. Wenn auch schon erwiesen wäre, daß alle Nebelflecke nur undeutlich gesehene zusammengedrängte Sternschwärme sind, so steht doch wohl die Thatsache fest, daß eine Unzahl von Kometen durch das Verdunsten ihrer bis 14 Millionen Meilen langen Schweife den Weltraum mit Materie erfüllen. Arago hat aus optischen Gründen sinnreich gezeigt,[16] wie die veränderlichen Sterne, welche immer weißes Licht und in ihren periodischen Phasen nie eine Färbung zeigen, ein Mittel darbieten könnten, die obere Grenze der Dichtigkeit zu bestimmen, welche dem Weltäther zuzuschreiben ist, wenn man den-

selben in seinem Brechungsvermögen den gasförmigen irdischen Flüssigkeiten gleich setzt.

Mit der Frage von der Existenz eines ätherischen Fluidums, welches die Welträume füllt, hängt auch die, von Wollaston so lebhaft angeregte, über die Begrenzung der Atmosphäre zusammen, eine Begrenzung, welche in der Höhe stattfinden muß, wo die spezifische Elastizität der Luft mit der Schwere ins Gleichgewicht kommt. Faradays scharfsinnige Versuche über die Grenze einer Quecksilberatmosphäre (über die Höhe, welche an Goldblättchen niedergeschlagene Quecksilberdämpfe in luftvollem Raume kaum zu erreichen scheinen) haben der Annahme einer bestimmten Oberfläche des Luftkreises, „gleich der Oberfläche der Meere", ein größeres Gewicht gegeben. Kann aus dem Weltraum sich etwas Gasartiges unserem Luftkreise beimischen und meteorologische Veränderungen hervorbringen? Newton [17] hat die Frage meist bejahend berührt. Wenn man Sternschnuppen und Meteorsteine für planetarische Asteroiden hält, so darf man wohl die Vermutung wagen, daß mit den Strömen des sogenannten Novemberphänomens, wo 1799, 1833 und 1834 Myriaden von Sternschnuppen das Himmelsgewölbe durchkreuzten, ja Nordlichterscheinungen gleichzeitig beobachtet wurden, der Luftkreis etwas aus dem Weltraum empfangen hat, das ihm fremd war und elektromagnetische Prozesse anregen konnte.

Anmerkungen.

[1] (S. 26.) Die Hauptstelle für den technischen Ausdruck ἐνδεδεμένα ἄστρα ist *Aristot.* De Coelo II, 8, p. 289 lin. 34, p. 290 lin. 19 Bekker. Es hatte diese Veränderung der Nomenklatur schon früher bei meinen Untersuchungen über die Optik des Ptolemäus und seine Versuche über die Strahlenbrechung meine Aufmerksamkeit lebhaft auf sich gezogen. Herr Professor Franz, dessen philologische Gelehrsamkeit ich oft und gern benutze, erinnert, daß auch *Ptolemäus* von den Fixsternen sagt: ὥσπερ προσπεφυκότες, wie angeheftet. Ueber den Ausdruck σφαῖρα ἀπλανής (orbis inerrans) bemerkt *Ptolemäus* tadelnd: „Insofern die Sterne ihre Abstände stets zu einander bewahren, können wir sie mit Recht ἀπλανεῖς nennen; insofern aber die ganze Sphäre, in welcher sie gleichsam angewachsen ihren Lauf vollenden, eine eigentümliche Bewegung hat, ist die Benennung ἀπλανής für die Sphäre wenig passend."

[2] (S. 29.) [Die Umrechnung der in Pariser Fuß gemachten Angaben der Teleskoplängen in das Metermaß wird hier und in den nachfolgenden Seiten als unwesentlich unterlassen. Zwanzig Par. Fuß = 6,5 m. D. Herausg.]

[3] (S. 30.) Schon *Aristoteles* beweist gegen Leukipp und Demokrit, daß es in der Welt keinen *nicht erfüllten* Raum, kein *Leeres* gibt.

[4] (S. 30.) „Âkâ'sa ist nach Wilsons Sanskrit-Wörterbuch: the subtle and aetherial fluid, supposed to fill and pervade the Universe, and to be the peculiar vehicle of life and sound. Das Wort âkâ'sa (*leuchtend, glänzend*) kommt von der Wurzel kâ's, leuchten, in Verbindung mit der Präposition â. Das Fünftum aller Elemente heißt pantschatâ oder pantschatra; und der Tote wird sonderbar genug *erlangtes Fünftum habend* (prâptapantschatra), d. i. in die fünf Elemente aufgelöst, genannt. So im Text des *Amarakoscha*, Amarasinhas Wörterbuchs." (Bopp.) — Von den fünf Elementen handelt *Colebrookes* vortreffliche Abhandlung über die Sânkhya-Philosophie in den *Transactions of the Asiat. Soc.* Vol. I, Lond. 1827, p. 31. Auch Strabo erwähnt schon nach Megasthenes des alles gestaltenden fünften Elementes der Inder, ohne es jedoch zu nennen.

[5] (S. 30.) Empedokles nennt den Aether παμφανόων, hellstrahlend, also selbstleuchtend.

[6] (S. 30.) Plato, Cratyl. 410 B, wo ἀειθεὴρ vorkommt. Aristot. De Coelo 1, 3, pag. 270 gegen Anaxagoras: αἰθέρα προςωνόμασαν τὸν ἀνωτάτω τόπον, ἀπὸ τοῦ θεῖν ἀεὶ τὸν ἀΐδιον χρόνον θέμενοι τὴν ἐπωνυμίαν αὐτῷ. Ἀναξαγόρας δὲ κατακέχρηται τῷ ὀνόματι τούτῳ οὐ καλῶς ὀνομάζει γὰρ αἰθέρα ἀντὶ πυρός. Umständlicher heißt es in Aristot. Meteor. I, 3, pag. 339: „Der sogenannte Aether hat eine uralte Benennung, welche Anaxagoras mit dem Feuer zu identifizieren scheint, denn die obere Region sei voll Feuer; und jener hielt es mit dieser Region so, daß er sie für Aether ansah; darin hat er auch recht. Denn den ewig im Lauf begriffenen Körper scheinen die Alten für etwas von Natur Göttliches angesehen und deshalb Aether genannt zu haben, als eine Substanz, welche bei uns nichts Vergleichbares hat. Diejenigen aber, welche den umgebenden Raum, nicht bloß die darin sich bewegenden Körper, für Feuer und, was zwischen Erde und den Gestirnen ist, für Luft halten, würden von diesem kindischen Wahn wohl ablassen, wenn sie die Resultate der neueren Forschungen der Mathematiker genau betrachten wollten." (Eben diese Etymologie des Wortes vom schnellen Umlaufe wiederholt der aristotelische oder stoische Verfasser des Buches De Mundo.) Professor Franz hat mit Recht bemerkt, „daß das Wortspiel von dem im ewigen Lauf begriffenen Körper (σῶμα ἀεὶ θεὸν) und vom Göttlichen (θεῖον), dessen die Meteorologica erwähnen, auffallend bezeichnend sei für die griechische Phantasie, und ein Zeugnis mehr gebe für die so wenig glückliche Behandlung der Etymologik bei den Alten." — Professor Buschmann macht auf ein Sanskritwort âschtra für Aether, Luftkreis aufmerksam, das dem griechischen αἰθήρ sehr ähnlich sieht und schon von Vans Kennedy mit ihm zusammengestellt worden ist; es läßt sich auch für dieses Wort eine Wurzel (as, asch) anführen, welcher von den Indern die Bedeutung von glänzen, leuchten beigelegt wird.

[7] (S. 31.) Wenn der Stagirite dem Aether den Namen eines fünften Elements versagt, was freilich Ritter und Martin leugnen, so ist es nur, weil nach ihm dem Aether, als Zustand der Materie, ein Gegensatz fehlt. Bei den Pythagoreern ward der Aether als ein fünftes Element durch den fünften der regelmäßigen Körper, das aus 12 Pentagonen zusammengesetzte Dodekaeder, vorgestellt.

[8] (S. 32.) Vgl. die schöne Stelle über den Einfluß der Sonnenstrahlen in John Herschel, Outlines of Ast. p. 237: „By the vivifying action of the sun's rays vegetables are enabled to draw support from inorganic matter and become, in their turn, the support of animals and of man, and the courses of those *great deposits of dynamical efficiency which are laid up for human use in our coal strata.* By them the waters of the sea are made to circulate in vapour through

the air, and irrigate the land, producing springs and rivers. By them are produced all disturbances of the chemical equilibrium of the elements of nature, which, by a series of compositions and decompositions, give rise to new products, and originate a transfer of materials . . . . . .

[9] (S. 33.) Numerische Schätzungen des Verlustes, welchen durch Absorption die Sternenwärme (chaleur stellaire) im Aether des Weltraums erleidet, versucht Poisson, Théorie mathématique de la Chaleur p. 436, 447 und 521.

[10] (S. 33.) Ueber die wärmende Kraft der Sterne s. Aristot. Meteor. I, 3, p. 340; und Seneca über die Höhe der Schichten des Luftkreises, welche das Minimum der Wärme haben, in Nat. Quaest. II, 10: „superiora enim aëris calorem vicinorum siderum sentiunt . . .“

[11] (S. 33.) Swanberg findet aus Diskussionen über Strahlenbrechung für die Temperatur des Weltraums — 50,3°; Arago aus Polarbeobachtungen — 56,7°; Péclet — 600, Saigey durch die Wärmeabnahme in der Atmosphäre aus 367 meiner Beobachtungen in der Andeskette und in Mexiko — 65°, durch Thermometermessungen am Montblanc und bei der aërostatischen Reise von Gay-Lussac — 77°; Sir John Herschel — 132° F., also — 91° Cent. Wie Poisson, da die Mitteltemperatur von Melville-Insel (Br. 74° 47′) schon 18,7° ist, für den Weltraum aus rein theoretischen Gründen, nach denen der Weltraum wärmer als die äußere Grenze der Atmosphäre sein soll, nur — 13°, und dagegen Pouillet nach aktinometrischen Versuchen gar — 142° finden, muß wunder nehmen und in diesen interessanten Spekulationen das Vertrauen zu den bisher eingeschlagenen Wegen mindern.

[12] (S. 34.) Nach Poisson hat die Erhärtung der Erdschichten von dem Centrum angefangen, und ist von diesem zur Oberfläche allmählich fortgeschritten.

[13] (S. 35.) „Where no atmosphere, a thermometer, freely exposed (at sunset) to the heating influence of the earth's radiation, and the cooling power of its own into space, would indicate a medium temperature between that of the celestial spaces (— 132° Fahr. = — 91° Cent.) and that of the earth's surface below it (82° F. = 27,7° Cent. at the equator; — 3,5° F. = — 19,5° Cent. in the Polar Sea). Under the equator, then, it would stand, on the average, at — 25° F. = — 31,9° Cent.; and in the Polar Sea at — 68° F. = — 55,5° Cent. The presence of the atmosphere tends to prevent the thermometer so exposed from attaining these extreme low temperatures: first, by imparting heat by conduction; secondly by impeding radiation outwards.“ Sir John Herschel im Edinburgh Review Vol. 87, 1848, p. 223. — „Si la chaleur des espaces planétaires n'existait point, notre atmosphère éprouverait un refroidissement, dont on ne peut fixer la limite.

Probablement la vie des plantes et des animaux serait impossible à la surface du globe ou reléguée dans une étroite zone de cette surface.“ Saigey, Physique du Globe p. 77.

[14] (S. 36.) „Throughout by far the larger portion of the extent of the Milky Way in both hemispheres, the *general blackness* of the ground of the heavens, on which its stars are projected, etc. . . . . . In those regions where that zone is cleary resolved into stars well separated and seen projected *on a black ground*, and where we look out beyond them into space . . . . .“ Sir John Herschel, Outlines p. 537 und 539.

[15] (S. 36.) Die schwingende Bewegung der Ausströmungen am Kopf einiger Kometen, wie dieselbe an dem Kometen von 1744 und durch Bessel am Halleyschen Kometen zwischen dem 12. und 22. Oktober 1835 beobachtet worden ist, „kann bei einzelnen Individuen dieser Klasse von Weltkörpern allerdings auf die translatorische Bewegung und Rotation Einfluß haben, ja auf Polarkräfte schließen lassen, welche von der gewöhnlichen anziehenden Kraft der Sonne verschieden sind“; aber die schon seit 63 Jahren so regelmäßig sich offenbarende Beschleunigung der 3⅓jährigen Umlaufszeit des Enckischen Kometen darf doch wohl nicht als von einer Summe zufälliger Ausströmungen abhängig gedacht werden. Vergl. über diesen kosmisch wichtigen Gegenstand Bessel in Schum. astron. Nachr. Nr. 289, S. 6 und Nr. 310, S. 345—350 mit Enckes Abhandlung über die Hypothese des widerstehenden Mittels in Schum. Nr. 305, S. 265—274.

[16] (S. 36.) „En assimilant la matière très rare qui remplit les espaces célestes, quant à ses propriétés réfringentes, aux gas terrestres, la densité de cette matière ne saurait dépasser une certaine limite, dont les observations des étoiles changeantes, p. e. celles d'Algol ou de β de Persée, peuvent assigner la valeur.“ Arago im Annuaire pour 1842, p. 336—345.

[17] (S. 37.) Newton, Princ. mathem. T. III (1760). p. 671. „Vapores, qui ex sole et stellis fixis et *caudis cometarum* oriuntur, incidere *possunt* in atmosphaeras planetarum . . . .“

II.

Natürliches und teleskopisches Sehen. — Funkeln der Gestirne. — Geschwindigkeit des Lichtes. — Ergebnisse aus der Photometrie.

Dem Auge, Organ der Weltanschauung, ist erst seit dritthalb Jahrhunderten durch künstliche, teleskopische Steigerung seiner Sehkraft das großartigste Hilfsmittel zur Kenntnis des Inhalts der Welträume, zur Erforschung der Gestaltung, physischen Beschaffenheit und Massen der Planeten samt ihren Monden geworden. Das erste Fernrohr wurde 1608, sieben Jahre nach dem Tode des großen Beobachters Tycho, konstruiert. Schon waren nacheinander durch das Fernrohr die Jupiterstrabanten, die Sonnenflecke, die sichelförmige Gestalt der Venus, der Saturnsring als Dreigestaltung eines Planeten, teleskopische Sternschwärme und der Nebelfleck der Andromeda entdeckt, als sich erst 1634 dem um die Längenbeobachtungen so verdienten französischen Astronomen Morin der Gedanke darbot, ein Fernrohr an die Alhidade eines Meßinstruments zu befestigen und den Arkturus bei Tage aufzusuchen.[1] Die Vervollkommnung der Teilung des Bogens würde ihren Hauptzweck, größere Schärfe der Beobachtung, gänzlich oder doch großenteils verfehlt haben, wenn man nicht optische Werkzeuge mit astronomischen Instrumenten in Verbindung gebracht, die Schärfe des Erkennens mit der des Messens in Verhältnis gesetzt hätte. Die Mikrometervorrichtung von feinen Fäden, im Brennpunkt des Fernrohrs ausgespannt, welche der Anwendung des letzteren erst ihren eigentlichen, und zwar einen unschätzbaren Wert gab, wurde noch sechs Jahre später, erst 1640, von dem jungen talentvollen Gascoigne[2] erfunden.

Umfaßt, wie ich eben erinnert habe, das teleskopische Sehen, Erkennen und Messen nur 240 Jahre unseres astronomischen Wissens, so zählen wir, ohne der Chaldäer, der

Aegypter und der Chinesen zu gedenken, bloß von Timochares und Aristyllus an bis zu den Entdeckungen von Galilei, mehr als neunzehn Jahrhunderte, in denen Lage und Lauf der Gestirne mit unbewaffnetem Auge beobachtet worden ist. Bei den vielen Störungen, welche in dieser langen Periode unter den Völkern, die das Becken des Mittelmeeres umwohnen, der Fortschritt der Kultur und die Erweiterung des Ideenkreises erlitten hat, muß man über das erstaunen, was Hipparch und Ptolemäus von dem Zurückweichen der Aequinoktialpunkte, den verwickelten Bewegungen der Planeten, den zwei vornehmsten Ungleichheiten des Mondes und von den Sternörtern, was Kopernikus von dem wahren Weltsysteme, Tycho von der Vervollkommnung der praktischen Astronomie und ihren Methoden vor Erfindung des teleskopischen Sehens erkannt haben. Lange Röhren, deren sehr wahrscheinlich sich schon die Alten, mit Gewißheit die arabischen Astronomen bedienten, zum Absehen an Dioptern oder Spaltöffnungen, konnten allerdings die Schärfe der Beobachtung etwas vermehren. Abul-Hassan spricht sehr bestimmt von der Röhre, an deren Extremitäten die Okular- und Objektivdiopter befestigt waren; auch wurde diese Vorrichtung auf der von Hulagu gegründeten Sternwarte zu Meragha benutzt. Wenn das Sehen durch Röhren die Aufsuchung von Sternen in der Abenddämmerung erleichterte, wenn die Sterne dem bloßen Auge durch die Röhre früher sichtbar wurden als ohne dieselbe, so liegt, wie schon Arago bemerkt hat, die Ursache darin, daß die Röhre einen großen Teil des störenden diffusen Lichts (die rayons perturbarteurs) der Luftschichten abhält, welche zwischen dem an die Röhre angedrückten Auge und dem Sterne liegen. Ebenso hindert die Röhre auch bei Nacht den Seiteneindruck des schwachen Lichtes, welches die Luftteilchen von den gesamten Sternen des Firmaments empfangen. Die Intensität des Lichtbildes und die Größe des Sternes nehmen scheinbar zu. Nach einer viel emendierten und viel bestrittenen Stelle des Strabo, in welcher des Sehens durch Röhren Erwähnung geschieht, wird ausdrücklich „der erweiterten Gestalt der Gestirne“, irrig genug als Wirkung der Strahlenbrechung, [3] gedacht.

Licht, aus welcher Quelle es kommen mag, aus der Sonne, als Sonnenlicht, oder von den Planeten reflektiert, aus den Fixsternen, aus faulem Holze, oder als Produkt der Lebensthätigkeit der Leuchtwürmer, zeigt dieselben Brechungs-

verhältnisse. Aber die prismatischen Farbenbilder (Spektra) aus verschiedenen Lichtquellen (aus der Sonne und Fixsternen) zeigen eine Verschiedenheit der Lage in den dunkeln Linien (raies du spectre), welche Wollaston 1808 zuerst entdeckt und deren Lage Fraunhofer zwölf Jahre später mit so großer Genauigkeit bestimmt hat. Wenn dieser schon 600 dunkle Linien (eigentliche Lücken, Unterbrechungen, fehlende Teile des Farbenbildes) zählte, so stieg in der Arbeit von Sir David Brewster (1833) die Zahl der Linien bei den schönen Versuchen mit Stickstoffoxyd auf mehr als 2000. Man hatte bemerkt, daß zu gewissen Jahreszeiten bestimmte Linien im Farbenbilde fehlten; aber Brewster hat gezeigt, daß die Erscheinung Folge der verschiedenen Sonnenhöhe und der verschiedenen Absorption der Lichtstrahlen beim Durchgang durch die Atmosphäre ist. In den Farbenbildern, welche das zurückgeworfene Licht des Mondes, der Venus, des Mars und der Wolken gibt, erkennt man, wie wohl zu vermuten stand, alle Eigentümlichkeiten des Sonnenspektrums. Dagegen sind die dunkeln Linien des Spektrums des Sirius von denen des Kastor oder anderer Fixsterne verschieden. Kastor zeigt selbst andere Linien als Pollux und Procyon. Amici hat diese, schon von Fraunhofer angedeuteten Unterschiede bestätigt, und scharfsinnig darauf aufmerksam gemacht, daß bei Fixsternen von jetzt gleichem, völlig weißem Lichte die dunkeln Linien nicht dieselben sind. Es bleibt hier noch ein weites und wichtiges Feld künftigen Untersuchungen geöffnet,[4] um das sicher Aufgefundene von dem mehr Zufälligen, von der absorbierenden Wirkung der Luftschichten, zu trennen.

Einer anderen Erscheinung ist hier zu erwähnen, in welcher die spezifische Eigentümlichkeit der Lichtquelle einen mächtigen Einfluß äußert. Das Licht glühender fester Körper und das Licht des elektrischen Funkens zeigen große Mannigfaltigkeit in der Zahl und Lage der dunkeln Wollastonschen Linien. Nach den merkwürdigen Versuchen von Wheatstone mit Drehspiegeln soll auch das Licht der Reibungselektrizität eine mindestens im Verhältnis von 3 zu 2 (das ist um volle 20 980 geographische Meilen [155 680 km] in einer Zeitsekunde) größere Geschwindigkeit haben als das Sonnenlicht.

Das neue Leben, von dem alle Teile der Optik durchdrungen worden sind, als zufällig das von den Fenstern des Palais du Luxembourg zurückstrahlende Licht der unter-

gehenden Sonne den scharfsinnigen Malus (1808) zu seiner wichtigen Entdeckung der Polarisation leitete, hat, durch die tiefer ergründeten Erscheinungen der doppelten Brechung, der gewöhnlichen (Huygenschen) und der farbigen Polarisation, der Interferenz und der Diffraktion, dem Forscher unerwartete Mittel dargeboten, direktes und reflektiertes Licht zu unterscheiden,[5] in die Konstitution des Sonnenkörpers und seiner leuchtenden Hüllen[6] einzudringen, den Druck und den kleinsten Wassergehalt der Luftschichten zu messen, den Meeresboden und seine Klippen mittels einer Turmalinplatte zu erspähen, ja nach Newtons Vorgange die chemische Beschaffenheit (Mischung) mehrerer Substanzen mit ihren optischen Wirkungen zu vergleichen. Es ist hinlänglich, die Namen Airy, Arago, Biot, Brewster, Cauchy, Faraday, Fresnel, John Herschel, Lloyd, Malus, Neumann, Plateau, Seebeck ... zu nennen, um eine Reihe glänzender Entdeckungen und die glücklichsten Anwendungen des neu Entdeckten dem wissenschaftlichen Leser ins Gedächtnis zu rufen. Die großen und genialen Arbeiten von Thomas Young haben diese wichtigen Bestrebungen mehr als vorbereitet. Aragos Polariskop und die beobachtete Stellung farbiger Diffraktionsfransen (Folgen der Interferenz) sind vielfach gebrauchte Hilfsmittel der Erforschung geworden. Die Meteorologie hat auf dem neu gebahnten Wege nicht minder gewonnen als die physische Astronomie.

So verschieden auch die Sehkraft unter den Menschen ist, gibt es doch auch hier für das unbewaffnete Auge eine gewisse Mittelstufe organischer Fähigkeit, die bei dem älteren Geschlechte (bei Griechen und Römern) dieselbe wie heutzutage war. Die Plejaden geben den Beweis dafür, daß vor mehreren tausend Jahren wie jetzt Sterne, welche die Astronomen 7. Größe nennen, dem bloßen Auge bei mittlerer Sehkraft unsichtbar blieben. Die Plejadengruppe besteht aus einem Stern 3. Größe, Alcyone; aus zweien 4., Elektra und Atlas, dreien 5., Merope, Maja und Taygeta, zweien 6. bis 7., Plejone und Celäno, einem 7. bis 8., Asterope, und vielen sehr kleinen teleskopischen Sternen. Ich bediene mich der jetzigen Benennung und Reihung, denn bei den Alten wurden dieselben Namen teilweise anderen Sternen beigelegt. Nur die erstgenannten sechs Sterne 3., 4. und 5. Größe wurden mit Leichtigkeit gesehen.[7] Quae septem dici, sex tamen esse solent; sagt Ovidius (Fast. IV, 170). Man hielt eine der Atlastöchter, Merope, die einzige, die sich

mit einem Sterblichen vermählt, für schamvoll verhüllt, auch wohl für ganz verschwunden. Sie ist wahrscheinlich der Stern fast 7. Größe, welchen wir Celäno nennen; denn Hipparch im Kommentar zu Aratus bemerkt, daß bei heiterer mondleerer Nacht man wirklich sieben Sterne erkenne. Man sah dann Celäno; denn Plejone, bei gleicher Helligkeit, steht dem Atlas, einem Stern 4. Größe, zu nahe.

Der kleine Stern Alkor, unser Reuterchen, welcher nach Triesnecker in 11′ 48″ Entfernung von Mizar im Schwanz des großen Bären steht, ist nach Argelander 5. Größe, aber durch die Strahlen von Mizar überglänzt. Er wurde von den Arabern Saidak, der Prüfer, genannt; weil, wie der persische Astronom Kazwini [8] sagt, „man an ihm die Sehkraft zu prüfen pflegte". Ich habe Alkor mit unbewaffnetem Auge, trotz der niedrigen Stellung des großen Bären unter den Tropen, jeden Abend an der regenlosen Küste von Cumana und auf den 12 000 Fuß (3900 m) hohen Ebenen der Kordilleren in großer Deutlichkeit, nur selten und ungewisser in Europa und in den trockenen Luftschichten der nordasiatischen Steppen erkannt. Die Grenze, innerhalb deren es dem unbewaffneten Auge nicht mehr möglich ist, zwei sich sehr nahestehende Objekte am Himmel voneinander zu trennen, hängt, wie Mädler sehr richtig bemerkt, von dem relativen Glanze der Sterne ab. Die beiden mit α Capricorni bezeichneten Sterne 3. und 4. Größe werden in gegenseitiger Entfernung von 6½ Minuten ohne Mühe als getrennt erkannt. Galle glaubt noch bei sehr heiterer Luft ε und 5 Lyrae in 3½ Minuten Distanz mit bloßem Auge zu sondern, weil beide 4. Größe sind.

Das Ueberglänzen durch die Strahlen des nahen Planeten ist auch die Hauptsache, warum die Jupiterstrabanten, welche aber nicht alle, wie man oft behauptet, einen Lichtglanz von Sternen 5. Größe haben, dem unbewaffneten Auge unsichtbar bleiben. Nach neueren Schätzungen und Vergleichung meines Freundes, des Dr. Galle, mit nahestehenden Sternen ist der dritte Trabant, der hellste, vielleicht 5. bis 6. Größe, während die anderen bei wechselnder Helligkeit 6. bis 7. Größe sind. Nur einzelne Beispiele werden angeführt, wo Personen von außerordentlicher Scharfsichtigkeit, d. h. solche, welche mit bloßen Augen schwächere Sterne als die 6. Größe deutlich erkennen, einzelne Jupiterstrabanten ohne Fernrohr gesehen haben. Die

Angularentfernung des dritten, überaus hellen Trabanten ist vom Centrum des Planeten 4′ 12″; die des vierten, welcher nur $^1/_6$ kleiner als der größte ist, 8′ 16″, und alle Jupitersmonde haben, wie Arago behauptet,[9] zuweilen auf gleicher Oberfläche ein intensiveres Licht als der Planet; zuweilen erscheinen sie dagegen auf dem Jupiter als graue Flecken, wie neuere Beobachtungen gelehrt haben. Die überdeckenden Strahlen und Schwänze, welche unserem Auge als von den Planeten und Fixsternen ausgehend erscheinen, und seit den frühesten Zeiten der Menschheit in bildlichen Darstellungen, besonders bei den Aegyptern, die glänzenden Himmelskörper bezeichnen (Hassenfratz erklärt sie für Brennlinien, intersections de deux caustiques, auf der Kristalllinse), haben mindestens 5 bis 6 Minuten Länge.

„Das Bild der Sterne, die wir mit bloßen Augen sehen, ist durch divergierende Strahlen vergrößert; es nimmt durch diese Ausdehnung auf der Netzhaut einen größeren Raum ein, als wenn es in einem einzelnen Punkte konzentriert wäre. Der Nerveneindruck ist schwächer. Ein sehr dichter Sternschwarm, in welchem die einzelnen Sterne alle kaum 7. Größe sind, kann dagegen dem unbewaffneten Auge sichtbar werden, weil die Bilder der vielen einzelnen Sterne sich auf der Netzhaut übereinander legen und daher jeder sensible Punkt derselben, wie bei einem konzentrierten Bilde, verstärkt angeregt wird."[10]

Fernröhren und Teleskope geben leider, wenngleich in einem weit geringeren Grade, den Sternen einen unwahren, fakticen Durchmesser. Nach den schönen Untersuchungen von William Herschel nehmen aber diese Durchmesser ab mit zunehmender Stärke der Vergrößerung. Der scharfsinnige Beobachter schätzte den scheinbaren Durchmesser von Wega der Leier bei der ungeheuren Vergrößerung von 6500mal noch zu 0,36″. Bei terrestrischen Gegenständen bestimmt außer der Beleuchtung auch die Form des Gegenstandes die Größe des kleinsten Sehwinkels für das unbewaffnete Auge. Schon Adams hat sehr richtig bemerkt, daß eine dünne lange Stange viel weiter sichtbar ist als ein Quadrat, dessen Seite dem Durchmesser derselben gleich ist. Einen Strick sieht man weiter als einen Punkt, auch wenn beide gleichen Durchmesser haben. Arago hat durch Winkelmessung der von der Pariser Sternwarte aus sichtbaren fernen Blitzableiter den Einfluß der Gestaltung (des Umrisses der Bilder) vielfältigen

Messungen unterworfen. In der Bestimmung des kleinstmöglichen optischen Sehwinkels, unter welchem irdische Objekte dem bloßen Auge erkenntlich sind, ist man seit Robert Hooke, der noch streng eine volle Minute festsetzte, bis Tobias Mayer, welcher 34″ für einen schwarzen Fleck auf weißem Papier forderte, ja bis zu Leeuwenhoeks Spinnfäden (unter einem Winkel von 4,7″ bei sehr gewöhnlicher Sehkraft sichtbar), immer vermindernd fortgeschritten. In den neuesten, sehr genauen Versuchen Hueckſ über das Problem von der Bewegung der Kristalllinse wurden weiße Striche auf schwarzem Grunde unter einem Winkel von 1,2″, ein Spinnenfaden bei 0,6″, ein feiner glänzender Draht bei kaum 0,2′ gesehen. Das Problem ist gar nicht im allgemeinen numerisch zu lösen, da alles von den Bedingungen der Gestalt der Objekte, ihrer Erleuchtung, ihres Kontrastes mit dem Hintergrunde, von dem sie sich abheben, der Bewegung oder Ruhe und der Natur der Luftschichten, in denen man sich befindet, abhängt.

Einen lebhaften Eindruck machte es mir einst, als auf einem reizenden Landsitze des Marques de Selvalegre, zu Chillo (unfern Quito), wo man den langgestreckten Rücken des Vulkans Pichincha in einer trigonometrisch gemessenen horizontalen Entfernung von 85 000 Pariser Fuß (27 612 m) vor sich ausgestreckt sieht, die Indianer, welche neben mir standen, meinen Reisebegleiter Bonpland, der eben allein in einer Expedition nach dem Vulkan begriffen war, als einen weißen, sich vor schwarzen basaltischen Felswänden fortbewegenden Punkt früher erkannten, als wir ihn in den aufgestellten Fernröhren auffanden. Auch mir und dem unglücklichen Sohn des Marques, Carlos Montufar (später im Bürgerkriege hingeopfert), wurde bald das weiße, sich bewegende Bild bei unbewaffnetem Auge sichtbar. Bonpland war in einen weißen baumwollenen Mantel (den landesüblichen Poncho) gehüllt. Bei der Annahme der Schulterbreite von 3 bis 5 Fuß (1—1,6 m), da der Mantel bald fest anlag, bald weit zu flattern schien, und bei der bekannten Entfernung ergaben sich 7″ bis 12″ für den Winkel, unter welchem der bewegte Gegenstand deutlich gesehen wurde. Weiße Objekte auf schwarzem Grund werden nach Huecks wiederholten Versuchen weiter gesehen als schwarze Objekte auf weißem Grunde. Der Lichtstrahl kam bei heiterem Wetter, durch dünne Luftschichten von 14 412 Fuß (4682 m)

Höhe über der Meeresfläche, zu unserer Station in Chillo, das selbst noch 8046 Fuß (2613 m) hoch liegt. Die ansteigende Entfernung war 85 596 Fuß oder $3^7/_{10}$ geographische Meilen (28 km), der Stand von Barometer und Thermometer in beiden Stationen sehr verschieden; oben wahrscheinlich 194 Linien und 8° C., unten nach genauer Beobachtung 250,2 Linien und 18,7° C. Das Gaußische, für unsere deutschen trigonometrischen Messungen so wichtig gewordene Heliotroplicht wurde, vom Brocken aus auf den Hohenhagen reflektiert, dort mit bloßem Auge in einer Entfernung von 213 000 Par. Fuß (mehr als 9 geographische Meilen = 70 km) gesehen, oft an Punkten, in welchen die scheinbare Breite eines dreizölligen Spiegels nur 0,43″ betrug.

Die Absorption der Lichtstrahlen, welche von dem irdischen Gegenstande ausgehen und in ungleichen Entfernungen durch dichtere oder dünnere, mit Wasserdunst mehr oder minder geschwängerte Luftschichten zu dem unbewaffneten Auge gelangen, der hindernde Intensitätsgrad des diffusen Lichtes, welches die Luftteilchen ausstrahlen und viele noch nicht ganz aufgeklärte meteorologische Prozesse modifizieren die Sichtbarkeit ferner Gegenstände. Ein Unterschied der Lichtstärke von $^1/_{60}$ ist nach alten Versuchen des immer so genauen Bouguer zur Sichtbarkeit nötig. Man sieht, wie er sich ausdrückt, nur auf negative Weise wenig lichtstrahlende Berggipfel, die sich als dunkle Massen von dem Himmelsgewölbe abheben. Man sieht sie bloß durch die Differenz der Dicke der Luftschichten, welche sich bis zu dem Objekte oder bis zum äußersten Horizont erstrecken. Dagegen werden auf positive Weise stark leuchtende Gegenstände, wie Schneeberge, weiße Kalkfelsen und Bimssteinkegel, gesehen. Die Entfernung, in welcher auf dem Meere hohe Berggipfel erkannt werden können, ist nicht ohne Interesse für die praktische Nautik, wenn genaue astronomische Ortsbestimmungen für die Lage des Schiffes fehlen. Ich habe diesen Gegenstand an einem anderen Orte bei Gelegenheit der Sichtbarkeit des Piks von Tenerifa umständlich behandelt.

Das Sehen der Sterne bei Tage und mit bloßem Auge in den Schächten der Bergwerke und auf sehr hohen Gebirgen ist seit früher Jugend ein Gegenstand meiner Nachforschung gewesen. Es war mir nicht unbekannt, daß schon Aristoteles [11] behauptete, Sterne werden bisweilen aus Erdgewölben und Zisternen wie durch Röhren gesehen. Auch

Plinius erwähnt dieser Sage und erinnert dabei an die Sterne, die man bei Sonnenfinsternissen deutlichst am Himmelsgewölbe erkenne. Ich habe infolge meines Berufes als praktischer Bergmann mehrere Jahre lang einen großen Teil des Tages in den Gruben zugebracht und durch tiefe Schächte das Himmelsgewölbe im Zenith betrachtet, aber nie einen Stern gesehen; auch in mexikanischen, peruanischen und sibirischen Bergwerken nie ein Individuum aufgefunden, das vom Sternsehen bei Tage hätte reden hören, obgleich unter so verschiedenen Breitengraden, unter denen ich in beiden Hemisphären unter der Erde war, sich doch Zenithalsterne genug hätten vorteilhaft dem Auge darbieten können. Bei diesen ganz negativen Erfahrungen ist mir um so auffallender das sehr glaubwürdige Zeugnis eines berühmten Optikers gewesen, der in früher Jugend Sterne bei hellem Tage durch einen Rauchfang erblickte. [12] Erscheinungen, deren Sichtbarkeit von dem zufälligen Zusammentreffen begünstigender Umstände abhängt, müssen nicht darum geleugnet werden, weil sie so selten sind.

Dieser Grundsatz findet, glaube ich, seine Anwendung auch auf das von dem immer so gründlichen Saussure behauptete Sehen der Sterne mit bloßen Augen bei hellem Tage am Abfall des Montblanc, auf der Höhe von 11 970 Fuß (3888 m). „Quelques-uns des guides m'ont assuré“, sagt der berühmte Alpenforscher, „avoir vu des étoiles en plein jour; pour *moi je* n'y songeois pas, en sorte que je n'ai point été le témoin de ce phénomène; *mais l'assertion uniforme des guides ne me laisse aucun doute sur la réalité.* Il faut d'ailleurs être entièrement à l'ombre, et avoir même au-dessus de la tête une masse d'ombre d'une épaisseur considérable, sans quoi l'air trop fortement éclairé fait évanouir la foible clarté des étoiles.“ Die Bedingungen sind also fast ganz dieselben, welche die Zisternen der Alten und der eben erwähnte Rauchfang dargeboten haben. Ich finde diese merkwürdige Behauptung (vom Morgen des 2. August 1787) in keiner anderen Reise durch die Schweizer Gebirge wiederholt. Zwei kenntnisvolle, vortreffliche Beobachter, die Gebrüder Hermann und Adolf Schlagintweit, welche neuerlichst die östlichen Alpen bis zum Gipfel des Großglockners (12 213 Fuß = 3977 m) durchforscht haben, konnten nie Sterne bei Tage sehen, noch haben sie die Sage unter den Hirten und Gemsjägern gefunden. Ich habe mehrere Jahre in den Kordilleren von Mexiko, Quito und Peru zu-

gebracht und bin so oft mit Bonpland bei heiterem Wetter auf Höhen von mehr als 14 oder 15 000 Fuß (4550—5870 m) gewesen, und nie habe ich oder später mein Freund Boussingault Sterne am Tage erkennen können, obgleich die Himmelsbläue so tief und dunkel war, daß sie an demselben Cyanometer von Paul in Genf, an welchem Saussure auf dem Montblanc 39° ablas, von mir unter den Tropen (zwischen 16 000 und 18 000 Fuß = 5200—5850 m Höhe) im Zenith auf 46° geschätzt wurde. Unter dem herrlichen ätherreinen Himmel von Cumana, in der Ebene des Litorales, habe ich aber mehrmals und leicht, nach Beobachtung von Trabantenverfinsterungen, Jupiter mit bloßen Augen wieder aufgefunden und deutlichst gesehen, wenn die Sonnenscheibe schon 18—20° über dem Horizont stand.

Es ist hier der Ort, wenigstens beiläufig einer anderen optischen Erscheinung zu erwähnen, die ich, auf allen meinen Bergbesteigungen, nur einmal, und zwar vor dem Aufgang der Sonne, den 22. Junius 1799 am Abhange des Piks von Tenerifa, beobachtete. Im Malpays, ohngefähr in einer Höhe von 10 700 Fuß (3473 m) über dem Meere, sah ich mit unbewaffnetem Auge tiefstehende Sterne in einer wunderbar schwankenden Bewegung. [S. Zusätze am Schluß d. Bd.] Leuchtende Punkte stiegen aufwärts, bewegten sich seitwärts und fielen an die vorige Stelle zurück. Das Phänomen dauerte nur 7—8 Minuten, und hörte auf lange vor dem Erscheinen der Sonnenscheibe am Meerhorizont. Dieselbe Bewegung war in einem Fernrohr sichtbar, und es blieb kein Zweifel, daß es die Sterne selbst waren, die sich bewegten. [13] Gehörte diese Ortsveränderung zu der so viel bestrittenen lateralen Strahlenbrechung? Bietet die wellenförmige Undulation der aufgehenden Sonnenscheibe, so gering sie auch durch Messung gefunden wird, in der lateralen Veränderung des bewegten Sonnenrandes einige Analogie dar? Nahe dem Horizont wird ohnedies jene Bewegung scheinbar vergrößert. Fast nach einem halben Jahrhundert ist dieselbe Erscheinung des Sternschwankens, und genau an demselben Orte im Malpays, wieder vor Sonnenaufgang, von einem unterrichteten und sehr aufmerksamen Beobachter, dem Prinzen Adalbert von Preußen, zugleich mit bloßen Augen und im Fernrohr beobachtet worden! Ich fand die Beobachtungen in seinem handschriftlichen Tagebuche; er hatte sie eingetragen, ohne, vor seiner Rückkunft von dem Amazonenstrome, erfahren zu haben, daß ich etwas ganz Aehnliches gesehen. [14] Auf dem Rücken

der Andeskette oder bei der häufigen Luftspiegelung (Kimmung mirage) in den heißen Ebenen (Llanos) von Südamerika habe ich, trotz der so verschiedenartigen Mischung ungleich erwärmter Luftschichten, keine Spur lateraler Refraktion je finden können. Da der Pik von Tenerifa uns so nahe ist und oft von wissenschaftlichen, mit Instrumenten versehenen Reisenden kurz vor Sonnenaufgang besucht wird, so darf man hoffen, daß die hier von mir erneuerte Aufforderung zur Beobachtung des Sternschwankens nicht wieder ganz verhallen werde.

Ich habe bereits darauf aufmerksam gemacht, wie lange vor der großen Epoche der Erfindung des teleskopischen Sehens und seiner Anwendung auf Beobachtung des Himmels, also vor den denkwürdigen Jahren 1608 und 1610, ein überaus wichtiger Teil der Astronomie unseres Planetensystems bereits begründet war. Den ererbten Schatz des griechischen und arabischen Wissens haben Georg Purbach, Regiomontanus (Johann Müller) und Bernhard Walther in Nürnberg durch mühevolle, sorgfältige Arbeiten vermehrt. Auf ihr Bestreben folgt eine kühne und großartige Gedankenentwickelung, das System des Kopernikus; es folgen der Reichtum genauer Beobachtungen des Tycho, der kombinierende Scharfsinn und der beharrliche Rechnungstrieb von Kepler. Zwei große Männer, Kepler und Galilei, stehen an dem wichtigsten Wendepunkt, den die Geschichte der messenden Sternkunde darbietet; beide bezeichnen die Epoche, wo das Beobachten mit unbewaffnetem Auge, doch mit sehr verbesserten Meßinstrumenten, sich von dem teleskopischen Sehen scheidet. Galilei war damals schon 44, Kepler 37 Jahre alt, Tycho, der genaueste messende Astronom dieser großen Zeit, seit sieben Jahren tot. Ich habe schon früher (Kosmos Bd. II, S. 252) erwähnt, daß Keplers drei Gesetze, die seinen Namen auf ewig verherrlicht haben, von keinem seiner Zeitgenossen, Galilei selbst nicht ausgenommen, mit Lob erwähnt worden sind. Auf rein empirischem Wege entdeckt, aber für das Ganze der Wissenschaft folgereicher als die vereinzelte Entdeckung ungesehener Weltkörper, gehören sie ganz der Zeit des natürlichen Sehens, der Tychonischen Zeit, ja den Tychonischen Beobachtungen selbst an, wenn auch der Druck der Astronomia nova, seu Physica coelestis de motibus Stellae Martis erst 1609 vollendet, und gar das dritte Gesetz, nach welchem sich die Quadrate der Umlaufs-

zeiten zweier Planeten verhalten wie die Würfel der mittleren Entfernung, erst in der Harmonice Mundi 1619 entwickelt wurde.

Der Uebergang des natürlichen zum teleskopischen Sehen, welcher das erste Zehentteil des 17. Jahrhunderts bezeichnet und für die Astronomie (die Kenntnis des Weltraumes) noch wichtiger wurde, als es für die Kenntnis der irdischen Räume das Jahr 1492 gewesen war, hat nicht bloß den Blick in die Schöpfung endlos erweitert, er hat auch, neben der Bereicherung des menschlichen Ideenkreises, durch Darlegung neuer und verwickelter Probleme das mathematische Wissen zu einem bisher nie erreichten Glanze erhoben. So wirkt die Stärkung sinnlicher Organe auf die Gedankenwelt, auf die Stärkung intellektueller Kraft, auf die Veredelung der Menschheit. Dem Fernrohr allein verdanken wir in kaum drittehalb Jahrhunderten die Kenntnis von 13 neuen Planeten, von 4 Trabantensystemen (4 Monden des Jupiter, 8 des Saturn, 4, vielleicht 6 des Uranus, 1 des Neptun), von den Sonnenflecken und Sonnenfackeln, den Phasen der Venus, der Gestalt und Höhe der Mondberge; den winterlichen Polarzonen des Mars, den Streifen des Jupiters und Saturn, den Ringen des letzteren, den inneren (planetarischen) Kometen von kurzer Umlaufszeit und von so vielen anderen Erscheinungen, die ebenfalls dem bloßen Auge entgehen. Wenn unser Sonnensystem, das so lange auf 6 Planeten und einen Mond beschränkt schien, auf die eben geschilderte Weise in 240 Jahren bereichert worden ist, so hat der sogenannte Fixsternhimmel schichtenweise eine noch viel unerwartetere Erweiterung gewonnen. Tausende von Nebelflecken, Sternhaufen und Doppelsternen sind aufgezählt. Die veränderliche Stellung der Doppelsterne, welche um einen gemeinschaftlichen Schwerpunkt kreisen, hat, wie die eigentliche Bewegung aller Fixsterne, erwiesen, daß Gravitationskräfte in jenen fernen Welträumen wie in unseren engen planetarischen, sich wechselseitig störenden Kreisen walten. Seitdem Morin und Gascoigne (freilich erst 25—30 Jahre nach Erfindung des Fernrohrs) optische Vorrichtungen mit Meßinstrumenten verbanden, haben feinere Bestimmungen der Ortsveränderung in den Gestirnen erreicht werden können. Auf diesem Wege ist es möglich geworden, mit größter Schärfe die jedesmalige Position eines Weltkörpers, die Aberrationsellipsen der Fixsterne und ihre Parallaxen, die gegenseitigen Abstände der Doppelsterne

von wenigen Zehntteilen einer Bogensekunde zu messen. Die astronomische Kenntnis des Sonnensystems erweiterte sich allmählich zu der eines Weltsystems.

Wir wissen, daß Galilei seine Entdeckungen der Jupitersmonde mit siebenmaliger Vergrößerung machte, und nie eine stärkere als zweiunddreißigmalige anwenden konnte. Einhundertundsiebzig Jahre später sehen wir Sir William Herschel bei seinen Untersuchungen über die Größe des scheinbaren Durchmessers von Arcturus (im Nebel 0,2") und Wega in der Leier Vergrößerungen benutzen von 6500mal. Seit der Mitte des 17. Jahrhunderts wetteiferte man in dem Bestreben nach langen Fernröhren. Christian Huygens entdeckte zwar 1655 den ersten Saturnstrabanten, Titan (den 6. im Abstande von dem Centrum des Planeten), nur noch mit einem zwölffüßigen Fernrohr; er wandte später auf den Himmel längere bis 122 Fuß (40 m) an; aber die drei Objektive von 123, 170 und 210 Fuß (40,3, 55 und 68 m) Brennweite, welche die Royal Society von London besitzt und welche von Konstantin Huygens, dem Bruder des großen Astronomen, verfertigt wurden, sind von letzterem, wie er ausdrücklich sagt,[15] nur auf terrestrische Gegenstände geprüft worden. Auzout, der schon 1663 Riesenfernröhren ohne Röhre, also ohne feste (starre) Verbindung zwischen dem Objektiv und dem Okular, konstruierte, vollendete ein Objectiv, das bei 300 Fuß (97 m) Fokallänge eine 600malige Vergrößerung ertrug. Den nützlichsten Gebrauch von solchen, an Masten befestigten Objektiven machte Dominikus Cassini zwischen den Jahren 1671 und 1684 bei den aufeinander folgenden Entdeckungen des 8., 5., 4. und 3. Saturnstrabanten. Er bediente sich der Objektive, die Borelli, Campani und Hartsoeker geschliffen hatten. Die letzteren waren von 250 Fuß (81 m) Brennweite. Die von Campani, welche des größten Rufes unter der Regierung Ludwigs XIV. genossen, habe ich bei meinem vieljährigen Aufenthalte auf der Pariser Sternwarte mehrmals in Händen gehabt. Wenn man an die geringe Lichtstärke der Saturnstrabanten und an die Schwierigkeit solcher nur durch Stricke bewegten Vorrichtungen[16] denkt, so kann man nicht genug bewundern die Geschicklichkeit, den Mut und die Ausdauer des Beobachters.

Die Vorteile, welche man damals allein glaubte durch riesenmäßige Längen erreichen zu können, leiteten, wie es so oft geschieht, große Geister zu exzentrischen Hoffnungen.

Auzout glaubte Hooke widerlegen zu müssen, der, um Tiere im Monde zu sehen, Fernröhren von einer Länge von 10 000 Fuß (3250 m), also fast von der Länge einer halben geographischen Meile, vorgeschlagen haben soll.[17] Das Gefühl der praktischen Unbequemlichkeit von optischen Instrumenten mit mehr als hundertfacher Fokallänge verschaffte allmählich durch Newton (nach dem Vorgange von Mersenne und James Gregory von Aberdeen) den kürzeren Reflexionsinstrumenten besonders in England Eingang. Bradleys und Pounds sorgfältige Vergleichung von 5füßigen Haleyschen Spiegelteleskopen mit dem Refraktor von Konstantin Huygens, der 123 Fuß (40,3 m) Brennweite hatte und dessen wir oben erwähnten, fiel ganz zum Vorteil der ersteren aus. Shorts kostbare Reflektoren wurden nun überall verbreitet, bis John Dollonds glückliche praktische Lösung des Problems vom Achromatismus (1759), durch Leonhard Euler und Klingenstierna angeregt, den Refraktoren wieder ein großes Uebergewicht verschaffte. Die, wie es scheint, unbestreitbaren Prioritätsrechte des geheimnisvollen Chester More Hall aus Essex (1729) wurden dem Publikum erst bekannt, als dem John Dollond das Patent für seine achromatischen Fernröhren verliehen wurden.

Der hier bezeichnete Sieg der Refraktionsinstrumente war aber von nicht langer Dauer. Neue Oszillationen der Meinung wurden schon, 18—20 Jahre nach der Bekanntmachung von John Dollonds Erfindung des Achromatismus mittels Verbindung von Kron- und Flintglas, durch die gerechte Bewunderung angeregt, welche man in und außerhalb Englands den unsterblichen Arbeiten eines Deutschen, William Herschel, zollte. Die Konstruktion seiner zahlreichen 7füßigen und 20füßigen Teleskope, auf welche Vergrößerungen von 2200 bis 6000mal glücklich angewandt werden konnten, folgte die Konstruktion seines 40füßigen Reflektors. Durch diesen wurden im August und September 1789 die beiden innersten Saturnstrabanten, der zweiten (Enceladus), und bald darauf der erste, dem Ringe am nächsten liegende, Mimas, entdeckt. Die Entdeckung des Planeten Uranus (1781) gehört dem 7füßigen Teleskop von Herschel; die so lichtschwachen Uranustrabanten sah er (1787) zuerst im 20füßigen Instrumente zur Front-view eingerichtet.[18] Eine bis dahin noch nie erreichte Vollkommenheit, welche der große Mann seinen Spiegelteleskopen zu geben wußte, in denen das Licht nur einmal reflektiert wird, hat, bei einer ununterbrochenen Arbeit von mehr als 40 Jahren,

zur wichtigsten Erweiterung aller Teile der physischen Astronomie in den Planetenkreisen wie in der Welt der Nebelflecke und der Doppelsterne, geführt.

Auf eine lange Herrschaft der Reflektoren folgte wieder in dem ersten Fünftel des 19. Jahrhunderts ein erfolgreicher Wetteifer in Anfertigung von achromatischen Refraktoren und Heliometern, die durch Uhrwerke parallaktisch bewegt werden. Zu Objektiven von außerordentlichen Größen lieferten in Deutschland das Münchener Institut von Utzschneider und und Fraunhofer, später von Merz und Mahler, in der Schweiz und Frankreich (für Lerebours und Cauchois) die Werkstätte von Guinand und Bontems ein homogenes, streifenloses Flintglas. Es genügt für den Zweck dieser historischen Uebersicht, hier beispielsweise zu nennen die unter Fraunhofers Leitung gearbeiteten großen Refraktoren der Dorpater und Berliner Sternwarte von 9 Pariser Zoll (0,24 m) freier Oeffnung bei einer Fokalweite von 13⅓ Fuß (4,33 m); die Refraktoren von Merz und Mahler auf den Sternwarten von Pulkowa und Cambridge in den Vereinigten Staaten von Nordamerika,[13] beide mit Objektiven von 14 Pariser Zoll (0,40 m) und 21 Fuß (6,82 m) Brennweite versehen. Das Heliometer der Königsberger Sternwarte, lange Zeit das größte, hat 6 Zoll (0,16 m) Oeffnung und ist durch Bessels unvergeßliche Arbeiten berühmt geworden. Die lichtvollen und kurzen dialytischen Refraktoren, welche Plößl in Wien zuerst ausführte und deren Vorteile Rogers in England fast gleichzeitig erkannt hatte, verdienen in großen Dimensionen konstruiert zu werden.

In derselben Zeitepoche, deren Bestrebungen ich hier berühre, weil sie auf die Erweiterung kosmischer Ansichten einen so wesentlichen Einfluß ausgeübt, blieben die mechanischen Fortschritte in Vervollkommnung der messenden Instrumente (Zenithsektoren, Meridiankreise, Mikrometer) gegen die optischen Fortschritte und die des Zeitmaßes nicht zurück. Unter so vielen ausgezeichneten Namen der neueren Zeit erwähnen wir hier nur für Meßinstrumente: die von Ramsden, Troughton, Fortin, Reichenbach, Gambey, Ertel, Steinheil, Repsold, Pistor, Oertling . . . .; für Chronometer und astronomische Pendeluhren: Mudge, Arnold, Emery, Earnshaw, Breguet, Jürgensen, Kessels, Winnerl, Tiede . . . . . In den schönen Arbeiten, welche wir William und John Herschel, South, Struve, Bessel und Dawes über Abstände

und periodische Bewegung der Doppelsterne verdanken, offenbart sich vorzugsweise jene Gleichzeitigkeit der Vervollkommnung in scharfem Sehen und Messen. Struves Klassifikation der Doppelsterne liefert von denen, deren Abstand unter 1″ ist, gegen 100; von denen, die zwischen 1″ und 2″ fallen, 336, alle mehrfach gemessen.

Seit wenigen Jahren haben zwei Männer, welche jedem industriellen Gewerbe fern stehen, der Earl of Rosse in Parsonstown (12 Meilen = 89 km westlich von Dublin) und Herr Lassell zu Starfield bei Liverpool, aus edler Begeisterung für die Sternkunde, mit der aufopferndsten Freigebigkeit und unter eigener unmittelbaren Leitung, zwei Reflektoren zustande gebracht, welche aufs höchste die Erwartung der Astronomen spannen.[20] Mit dem Teleskope von Lassell, das nur 2 Fuß (0,65 m) Oeffnung und 20 Fuß (6,5 m) Brennweite hat, sind schon ein Trabant des Neptun und ein achter Trabant des Saturn entdeckt worden, auch wurden zwei Uranustrabanten wieder aufgefunden. Das neue Riesenteleskop von Lord Rosse hat 5 Fuß 7 Zoll 7 Linien (6 engl. Fuß = 1,83 m) Oeffnung und 46 Fuß 11 Zoll (50 engl. Fuß = 15,24 m) Länge. Es steht im Meridian zwischen zwei Mauern, die von jeder Seite 12 Fuß (3,90 m) von dem Tubus entfernt und 45—52 Fuß (14,8—16,9 m) hoch sind. Viele Nebelflecke, welche bisher kein Instrument auflösen konnte, sind durch dieses herrliche Teleskop in Sternschwärme aufgelöst, die Gestalt anderer Nebelflecke ist in ihren wahren Umrissen nun zum erstenmal erkannt worden. Eine wundersame Helligkeit (Lichtmasse) wird von dem Spiegel ausgegossen.

Morin, der mit Gascoigne (vor Picard und Auzout) zuerst das Fernrohr mit Meßinstrumenten verband, fiel gegen 1638 auf den Gedanken, Gestirne bei hellem Tage teleskopisch zu beobachten. „Nicht Tychos große Arbeit über die Position der Fixsterne, indem dieser 1582, also 28 Jahre vor Erfindung der Fernröhren, Venus bei Tage mit der Sonne und bei Nacht mit den Sternen verglich, sondern," sagt Morin selbst, „der einfache Gedanke, daß, wie Venus, so auch Arcturus und andere Fixsterne, wenn man sie einmal vor Sonnenaufgang im Felde des Fernrohrs hat, nach Sonnenaufgang am Himmelsgewölbe verfolgt werden können, habe ihn zu einer Entdeckung geführt, welche für die Längenbestimmungen auf dem Meere wichtig werden möge. Niemand habe vor ihm

die Fixsterne in Angesicht der Sonne auffinden können." Seit der Aufstellung großer Mittagsfernröhren durch Römer (1691) wurden Tagesbeobachtungen der Gestirne häufig und fruchtbar, ja bisweilen selbst auf Messung von Doppelsternen mit Nutzen angewandt. Struve bemerkt, er habe in dem Dorpater Refraktor mit Anwendung einer Vergrößerung von 320mal die kleinsten Abstände überaus schwacher Doppelsterne bestimmt, bei so hellem Crepuskularlichte, daß man um Mitternacht bequem lesen konnte. Der Polarstern hat in nur 18" Entfernung einen Begleiter 9. Größe; im Dorpater Refraktor haben Struve und Wrangel diesen Begleiter bei Tage gesehen, ebenso einmal Encke und Argelander.

Die Ursache der mächtigen Wirkung der Fernröhren zu einer Zeit, wo durch vielfache Reflexion das diffuse Licht [21] der Atmosphäre hinderlich ist, hat mancherlei Zweifel erregt. Als optisches Problem interessierte sie auf das lebhafteste den der Wissenschaft so früh entrissenen Bessel. In seinem langen Briefwechsel mit mir kam er oft darauf zurück, und bekannte, keine ihn ganz befriedigende Lösung finden zu können. Ich darf auf den Dank meiner Leser rechnen, wenn ich in einer Anmerkung [22] Aragos Ansichten einschalte, wie dieselben in einer der vielen Handschriften enthalten sind, welche mir bei meinem häufigen Aufenthalte in Paris zu benutzen erlaubt war. Nach der scharfsinnigen Erklärung meines vieljährigen Freundes erleichtern starke Vergrößerungen das Auffinden und Erkennen der Fixsterne, weil sie, ohne das Bild derselben merkbar auszudehnen, eine größere Menge des intensiven Lichtes der Pupille zuführen, aber dagegen nach einem anderen Gesetze auf den Luftraum wirken, von welchem sich der Fixstern abhebt. Das Fernrohr, indem es gleichsam die erleuchteten Teile der Luft, welche das Objektiv umfaßt, voneinander entfernt, verdunkelt das Gesichtsfeld, vermindert die Intensität seiner Erleuchtung. Wir sehen aber nur durch den Unterschied des Lichtes des Fixsternes und des Luftfeldes, d. h. der Luftmasse, welche ihn im Fernrohr umgibt. Ganz anders als der einfache Strahl des Fixsternbildes verhalten sich Planetenscheiben. Diese verlieren in dem vergrößerten Fernrohre durch Dilatation ihre Lichtintensität ebenso wie das Luftfeld (l'aire aérienne). Noch ist zu erwähnen, daß starke Vergrößerungen die scheinbare Schnelligkeit der Bewegung des Fixsterns wie die der Scheibe vermehren. Dieser Umstand kann in Instrumenten, welche nicht durch Uhrwerk parallaktisch

der Himmelsbewegung folgen, das Erkennen der Gegenstände am Tage erleichtern. Andere und andere Punkte der Netzhaut werden gereizt. Sehr schwache Schatten, bemerkt Arago an einem anderen Orte, werden erst sichtbar, wenn man ihnen eine Bewegung geben kann.

Unter dem reinen Tropenhimmel, in der trockensten Jahreszeit, habe ich oft mit der schwachen Vergrößerung von 95mal in einem Fernrohr von Dollond die blasse Jupitersscheibe auffinden können, wenn die Sonne schon 15—18° hoch stand. Lichtschwäche des Jupiter und Saturn, bei Tage im großen Berliner Refraktor gesehen und kontrastierend mit dem ebenfalls reflektierten Lichte der der Sonne näheren Planeten, Venus und Merkur, hat mehrmals Dr. Galle überrascht. Jupitersbedeckungen sind mit starken Fernröhren bisweilen bei Tage (von Flaugergues 1792, von Struve 1820) beobachtet worden. Argelander sah (7. Dezember 1849) in einem 5füßigen Fraunhofer eine Viertelstunde nach Sonnenaufgang zu Bonn sehr deutlich drei Jupiterstrabanten. Den vierten konnte er nicht erkennen. Noch später sah der Gehilfe Herr Schmidt den Austritt sämtlicher Trabanten, auch des vierten, aus dem dunkeln Mondrande in dem 8füßigen Fernrohre des Heliometers. Die Bestimmung der Grenzen der teleskopischen Sichtbarkeit kleiner Sterne bei Tageshelle unter verschiedenen Klimaten und auf verschiedenen Höhen über der Meeresfläche hat gleichzeitig ein optisches und ein meteorologisches Interesse.

Zu den merkwürdigen und in ihren Ursachen viel bestrittenen Erscheinungen im natürlichen wie im teleskopischen Sehen gehört das nächtliche Funkeln (das Blinken, die Scintillation) der Sterne. Zweierlei ist nach Argos Untersuchungen [23] in der Scintillation wesentlich zu unterscheiden: 1) Veränderung der Lichtstärke in plötzlicher Abnahme bis zum Verlöschen und Wiederauflodern, 2) Veränderung der Farbe. Beide Veränderungen sind in der Realität noch stärker, als sie dem bloßen Auge erscheinen; denn wenn einzelne Punkte der Netzhaut einmal angeregt sind, so bewahren sie den empfangenen Lichteindruck, so daß das Verschwinden des Sterns, seine Verdunkelung, sein Farbenwechsel nicht in ihrem ganzen, vollen Maße von uns empfunden werden. Auffallender zeigt sich das Phänomen des Sternfunkelns im Fernrohr, sobald man dasselbe erschüttert. Es werden dann andere und andere Punkte der Netzhaut gereizt; es erscheinen farbige, oft unterbrochene Kreise. In einer Atmosphäre, die aus stets

wechselnden Schichten von verschiedener Temperatur, Feuchtigkeit und Dichte zusammengesetzt ist, erklärt das Prinzip der Interferenz, wie nach einem augenblicklichen farbigen Auflodern ein ebenso augenblickliches Verschwinden oder die plötzliche Verdunkelung des Gestirnes stattfinden kann. Die Undulationstheorie lehrt im allgemeinen, daß zwei Lichtstrahlen (zwei Wellensysteme), von einer Lichtquelle (einem Erschütterungsmittelpunkte) ausgehend, bei Ungleichheit des Weges sich zerstören; daß das Licht des einen Strahles, zu dem des anderen Strahles hinzugefügt, Dunkelheit hervorbringt. Wenn das Zurückbleiben des einen Wellensystems gegen das andere eine ungerade Anzahl halber Undulationen beträgt, so streben beide Wellensysteme demselben Aethermoleküle zu gleicher Zeit gleiche, aber entgegengesetzte Geschwindigkeiten mitzuteilen, so daß die Wirkung ihrer Vereinigung die Ruhe des Aethermoleküles, also Finsternis ist. In gewissen Fällen spielt die Refrangibilität der verschiedenen Luftschichten, welche die Lichtstrahlen durchschneiden, mehr als die verschiedene Länge des Weges, die Hauptrolle bei der Erscheinung.

Die Stärke der Scintillation ist unter den Fixsternen selbst auffallend verschieden; nicht von der Höhe ihres Standes und von ihrer scheinbaren Größe allein abhängig, sondern, wie es scheint, von der Natur ihres eigenen Lichtprozesses. Einige, z. B. Wega, zittern weniger als Arctur und Procyon. Der Mangel der Scintillation bei den Planeten mit größeren Scheiben ist der Kompensation und ausgleichenden Farbenvermischung zuzuschreiben, welche die einzelnen Punkte der Scheibe geben. Es wird die Scheibe wie ein Aggregat von Sternen betrachtet, welche das fehlende, durch Interferenz vernichtete Licht gegenseitig ersetzen und die farbigen Strahlen zu weißem Lichte wiederum vereinigen. Bei Jupiter und Saturn bemerkt man deshalb am seltensten Spuren der Scintillation, wohl aber bei Merkur und Venus, da der scheinbare Durchmesser der Scheiben in den letztgenannten zwei Planeten bis 4,4″ und 9,5″ herabsinkt. Auch bei Mars kann zur Zeit der Konjunktion sich der Durchmesser bis 3,3″ vermindern. In den heiteren, kalten Winternächten der gemäßigten Zone vermehrt die Scintillation den prachtvollen Eindruck des gestirnten Himmels auch durch den Umstand, daß, indem wir Sterne 6. bis 7. Größe bald hier, bald dort aufglimmen sehen, wir, getäuscht, mehr leuchtende Punkte vermuten und zu erkennen glauben, als das unbewaffnete Auge wirklich unterscheidet.

Daher das populäre Erstaunen über die wenigen Tausende von Sternen, welche genaue Sternkataloge als dem bloßen Auge sichtbar angeben! Daß das zitternde Licht die Fixsterne von den Planeten unterscheide, war von früher Zeit den griechischen Astronomen bekannt; aber Aristoteles, nach der Ausströmungs- und Tangentialtheorie des Sehens, der er anhängt, schreibt das Zittern und Funkeln der Fixsterne, sonderbar genug, einer bloßen Anstrengung des Auges zu. „Die eingehefteten Sterne" (die Fixsterne) sagt er, „funkeln, die Planeten nicht; denn die Planeten sind nahe, so daß das Gesicht imstande ist, sie zu erreichen: bei den feststehenden aber (πρὸς δὲ τοὺς μένοντας) gerät das Auge wegen der Entfernung und Anstrengung in eine zitternde Bewegung."

Zu Galileis Zeiten, zwischen 1573 und 1604, in einer Epoche großer Himmelsbegebenheiten, da drei neue Sterne von mehr Glanz als Sterne erster Größe plötzlich erschienen und einer derselben im Schwan 21 Jahre leuchtend blieb, zog das Funkeln als das mutmaßliche Kriterium eines nicht planetarischen Weltkörpers Keplers Aufmerksamkeit besonders auf sich. Der damalige Zustand der Optik verhinderte freilich den um diese Wissenschaft so hochverdienten Astronomen, sich über die gewöhnlichen Ideen von bewegten Dünsten zu erheben. Auch unter den neu erschienenen Sternen, deren die chinesischen Annalen nach der großen Sammlung von Ma-tuan-lin erwähnen, wird bisweilen des sehr starken Funkelns gedacht.

Zwischen den Wendekreisen und ihnen nahe gibt bei gleichmäßigerer Mischung der Luftschichten die große Schwäche oder völlige Abwesenheit der Scintillation der Fixsterne, 12 bis 15 Grade über dem Horizont, dem Himmelsgewölbe einen eigentümlichen Charakter von Ruhe und milderem Lichte. Ich habe in mehreren meiner Naturschilderungen der Tropenwelt dieses Charakters erwähnt, der auch schon dem Beobachtungsgeiste von La Condamine und Bouguer in den peruanischen Ebenen, wie dem von Garcin in Arabien, Indien und an den Küsten des Persischen Meerbusens (bei Bender Abassi) nicht entgangen war.

Da der Anblick des gestirnten Himmels in der Jahreszeit perpetuierlich heiterer, ganz wolkenfreier Tropennächte für mich einen besonderen Reiz hatte, so bin ich bemüht gewesen, in meinen Tagebüchern stets die Höhen über dem Horizonte aufzuzeichnen, in der das Funkeln der Sterne bei verschiedenen Hygrometerständen aufhörte. Cumana und der regenlose Teil

des peruanischen Litorales der Südsee, wenn in letzterem die Zeit der Garua (des Nebels) noch nicht eingetreten war, eigneten sich vorzüglich zu solchen Beobachtungen. Nach Mittelzahlen scheinen die größeren Fixsterne meist nur unter 10° oder 12° Höhe über dem Horizont zu scintillieren. In größeren Höhen gießen sie aus ein milderes, planetarisches Licht. Am sichersten wird der Unterschied erkannt, wenn man dieselben Fixsterne in ihrem allmählichen Aufsteigen oder Niedersinken verfolgt und dabei die Höhenwinkel mißt oder (bei bekannter Ortsbreite und Zeit) berechnet. In einzelnen gleich heiteren und gleich windlosen Nächten erstreckte sich die Region des Funkelns bis 20°, ja bis 25° Höhe; doch war zwischen diesen Verschiedenheiten der Höhe oder der Stärke der Scintillation und den Hygrometer- und Thermometerständen, welche in der unteren uns allein zugänglichen Region der Luft beobachtet wurden, fast nie ein Zusammenhang zu entdecken. Ich sah in aufeinanderfolgenden Nächten nach beträchtlicher Scintillation 60° bis 70° hoher Gestirne, bei 85° des Saussureschen Haar-Hygrometers, die Scintillation bis 15° Höhe über dem Horizont völlig aufhören, und dabei doch die Luftfeuchtigkeit so ansehnlich vermehrt, daß das Hygrometer bis 93° fortschritt. Es ist nicht die Quantität der Wasserdämpfe, welche die Atmosphäre aufgelöst erhält; es ist die ungleiche Verteilung der Dämpfe in den übereinander liegenden Schichten und die, in den unteren Regionen nicht bemerkbaren, oberen Strömungen kalter und warmer Luft, welche das verwickelte Ausgleichungsspiel der Interferenz der Lichtstrahlen modifizieren. Auch bei sehr dünnem gelbrotem Nebel, der kurz vor Erdstößen den Himmel färbte, vermehrte sich auffallend das Funkeln hochstehender Gestirne. Alle diese Bemerkungen beziehen sich auf die völlig heitere, wolken- und regenlose Jahreszeit der tropischen Zone 10° bis 12° nördlich und südlich vom Aequator. Die Lichtphänomene, welche beim Eintritt der Regenzeit während des Durchgangs der Sonne durch den Zenith erscheinen, hängen von sehr allgemein und kräftig, ja fast stürmisch wirkenden Ursachen ab. Die plötzliche Schwächung des Nordostpassates und die Unterbrechung regelmäßiger oberer Strömungen vom Aequator zu den Polen und unterer Strömungen von den Polen zum Aequator erzeugen Wolkenbildungen, täglich zu bestimmter Zeit wiederkehrende Gewitter und Regengüsse. Ich habe mehrere Jahre hintereinander bemerkt, wie an den Orten, an denen das Funkeln der Fixsterne überhaupt etwas

Seltenes ist, der Eintritt der Regenzeit viele Tage im voraus sich durch das zitternde Licht der Gestirne in großer Höhe über dem Horizont verkündigt. Wetterleuchten, einzelne Blitze am fernen Horizont ohne sichtbares Gewölk oder in schmalen, senkrecht aufsteigenden Wolkensäulen sind dann begleitende Erscheinungen. Ich habe diese charakteristischen Vorgänge, die physiognomischen Veränderungen der Himmelsluft in mehreren meiner Schriften zu schildern versucht.[24]

Ueber die *Geschwindigkeit des Lichtes*, über die Wahrscheinlichkeit, daß dasselbe eine gewisse Zeit zu seiner Fortpflanzung brauche, findet sich die älteste Ansicht bei Bacon von Verulam in dem zweiten Buche des *Novum Organum*. Er spricht von der Zeit, deren ein Lichtstrahl bedarf, die ungeheure Strecke des Weltraums zu durchlaufen; er wirft schon die Frage auf, ob die Sterne noch vorhanden sind, die wir gleichzeitig funkeln sehen?[25] Man erstaunt, diese glückliche Ahnung in einem Werke zu finden, dessen geistreicher Verfasser in mathematischem, astronomischem und physikalischem Wissen tief unter dem seiner Zeitgenossen stand. *Gemessen* wurde die Geschwindigkeit des *reflektierten* Sonnenlichts durch Römer (November 1675) mittels der Vergleichung von Verfinsterungsepochen der Jupiterstrabanten, die Geschwindigkeit des *direkten* Lichtes der Fixsterne mittels Bradleys großer Entdeckung der Aberration (Herbst 1727), des *sinnlichen* Beweises von der translatorischen Bewegung der Erde, d. i. von der Wahrheit des kopernikanischen Systemes. In der neuesten Zeit ist eine dritte Methode der Messung durch Arago vorgeschlagen worden, die der Lichterscheinungen eines veränderlichen Sternes, z. B. des Algol im Perseus.[26] Zu diesen astronomischen Methoden gesellt sich noch eine terrestrische Messung, welche mit Scharfsinn und Glück ganz neuerlich Herr Fizeau in der Nähe von Paris ausgeführt hat. Sie erinnert an einen frühen, zu keinem Resultate leitenden Versuch von Galilei mit zwei gegenseitig zu verdeckenden Laternen.

Aus Römers ersten Beobachtungen der Jupiterstrabanten schätzten Horrebow und du Hamel den Lichtweg in Zeit von der Sonne zur Erde bei mittlerer Entfernung erst 14′ 7″, dann 11′, Cassini 14′ 10″, Newton,[27] was recht auffallend ist, der Wahrheit weit näher 7′ 30″. Delambre fand, indem er bloß unter den Beobachtungen seiner Zeit die des ersten Trabanten in Rechnung nahm, 8′ 13,2″. Mit vielem Rechte hat Encke bemerkt, wie wichtig es wäre, in der sicheren Hoff-

nung, bei der jetzigen Vollkommenheit der Fernröhren übereinstimmende Resultate zu erlangen, eine eigene Arbeit über die Verfinsterungen der Jupiterstrabanten zur Ableitung der Lichtgeschwindigkeit zu unternehmen.

Aus Bradleys, von Rigaud in Oxford wieder aufgefundenen Aberrationsbeobachtungen folgen nach der Untersuchung von Dr. Busch[28] in Königsberg für den Lichtweg von der Sonne zur Erde 8′ 12,14″; die Geschwindigkeit des Sternlichts 41994 geogr. Meilen (311 614 km) in der Sekunde, und die Aberrationskonstante 20,2116″; aber nach neueren achtzehnmonatlichen Aberrationsbeobachtungen von Struve am großen Passageinstrument von Pulkowa[29] muß die erste dieser Zahlen ansehnlich vergrößert werden. Das Resultat dieser großen Arbeit war 8′ 17,78″, woraus bei der Aberrationskonstante von 20,4451″ mit Enckes Verbesserung der Sonnenparallaxe im Jahre 1835 und der im astronomischen Jahrbuch für 1852 von ihm angegebenen Werte des Erdhalbmessers die Lichtgeschwindigkeit von 4549 geogr. Meilen (308 312 km) folgt. Der wahrscheinliche Fehler in der Geschwindigkeit soll kaum noch 2 geogr. Meilen (15 km) betragen. Dies Struvische Resultat ist von dem Delambrischen (8, 13,2″), das von Bessel in den Tab. Regiomont. und bisher in dem Berliner astronomischen Jahrbuche angewandt worden ist, für die Zeit, welche der Lichtstrahl von der Sonne zur Erde braucht, um $^1/_{100}$ verschieden. Als völlig abgeschlossen ist die Diskussion des Gegenstandes noch nicht zu betrachten. Die früher gehegte Vermutung, daß die Lichtgeschwindigkeit des Polarsterns in Verhältnis von 133 zu 134 schwächer sei als die seines Begleiters, ist aber vielem Zweifel unterworfen geblieben.

Ein durch seine Kenntnisse wie durch seine große Feinheit im Experimentieren ausgezeichneter Physiker, Herr Fizeau, hat durch sinnreich konstruierte Vorrichtungen, in denen künstliches sternartiges Licht von Sauerstoff und Wasserstoff durch einen Spiegel in 8633 m (26 575 Par. Fuß) Entfernung, zwischen Suresne und la Butte Montmartre, an den Punkt zurückgesandt wird, von dem es ausgegangen, eine terrestrische Messung der Lichtgeschwindigkeit vollbracht. Eine mit 720 Zähnen versehene Scheibe, welche 12,6 Umläufe in der Sekunde machte, verdeckte abwechselnd den Lichtstrahl oder ließ ihn frei durch zwischen den Zähnen des Randes. Aus der Angabe eines Zählers (compteur) glaubte man schließen zu können, daß das künstliche Licht 17 266 m, d. i. den doppelten Weg zwischen

den Stationen in $^1/_{18000}$ einer Zeitsekunde zurücklegte, woraus sich eine Geschwindigkeit von 310 788 km oder (da 1 geogr. Meile 7419 m ist) von 41 882 geogr. Meilen in der Sekunde [30] ergibt. Dies Resultat käme demnach dem von Delambre (41 903 Meilen) aus den Jupiterstrabanten geschlossenen am nächsten.

Direkte Beobachtungen und sinnreiche Betrachtungen über die Abwesenheit aller Färbung während des Lichtwechsels der veränderlichen Sterne, auf die ich später zurückkommen werde, haben Arago zu dem Resultate geführt, daß nach der Undulationstheorie die Lichtstrahlen, welche verschiedene Farbe und also sehr verschiedenartige Länge und Schnelligkeit der Transversalschwingungen haben, sich in den himmlischen Räumen mit gleicher Geschwindigkeit bewegen. Deshalb ist aber doch im Inneren der verschiedenen Körper, durch welche die farbigen Strahlen gehen, ihre Fortpflanzungsgeschwindigkeit und Brechung verschieden. [31] Die Beobachtungen Aragos haben nämlich gelehrt, daß im Prisma die Brechung nicht durch die relative Geschwindigkeit des Lichtes gegen die Erde verändert wird. Alle Messungen gaben einstimmig als Resultat, daß das Licht von den Sternen, nach welchen die Erde sich hinbewegt, denselben Brechungsindex darbietet als das Licht der Sterne, von welchen die Erde sich entfernt. In der Sprache der Emissionshypothese sagte der berühmte Beobachter, daß die Körper Strahlen von allen Geschwindigkeiten aussenden, daß aber unter diesen verschiedenen Geschwindigkeiten nur eine die Empfindung des Lichtes anzuregen vermag. [32]

Vergleicht man die Geschwindigkeit des Sonnen-, Sternen- und irdischen Lichtes, welche auch in den Brechungswinkeln des Prisma sich alle auf ganz gleiche Weise verhalten, mit der Geschwindigkeit des Lichtes der Reibungselektrizität, so wird man geneigt, nach den von Wheatstone mit bewundernswürdigem Scharfsinn angeordneten Versuchen die letztere auf das mindeste für schneller im Verhältnis wie 3 zu 2 zu halten. Nach dem schwächsten Resultate des Wheatstoneschen optischen Drehapparates legt das elektrische Licht in der Sekunde 288 000 englische Meilen (464 482 km) zurück oder (1 Statutmeile, deren 69,12 auf den Grad gehen, zu 4954 Pariser Fuß gerechnet) mehr als 62 500 geographische Meilen. [33] Rechnet man nun mit Struve für Sternenlicht in den Aberrationsbeobachtungen 41 549, so erhält man den oben angegebenen Unterschied von 20 951 geographischen Meilen (155 170 km) als größere Schnelligkeit der Elektrizität.

Diese Angabe widerspricht scheinbar der schon von William Herschel aufgestellten Ansicht, nach der das Sonnen- und Fixsternlicht vielleicht die Wirkung eines elektromagnetischen Prozesses, ein perpetuierliches Nordlicht sein soll. Ich sage scheinbar, denn es ist wohl nicht die Möglichkeit zu bestreiten, daß es in den leuchtenden Weltkörpern mehrere, sehr verschiedenartige magnetoelektrische Prozesse geben könne, in denen das Erzeugnis des Prozesses, das Licht, eine verschiedenartige Fortpflanzungsgeschwindigkeit besäße. Zu dieser Vermutung gesellt sich die Unsicherheit des numerischen Resultates in den Wheatstoneschen Versuchen. Ihr Urheber selbst hält dasselbe für „nicht hinlänglich begründet und neuer Bestätigung bedürftig", um befriedigend mit den Aberrations- und Satellitenbeobachtungen verglichen zu werden.

Neuere Versuche, welche Walker in den Vereinigten Staaten von Nordamerika über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Elektrizität bei Gelegenheit seiner telegraphischen Längenbestimmungen von Washington, Philadelphia, New York und Cambridge machte, haben die Aufmerksamkeit der Physiker lebhaft auf sich gezogen. Nach Steinheils Beschreibung dieser Versuche war die astronomische Uhr des Observatoriums in Philadelphia mit dem Schreibapparate von Morse auf der Telegraphenlinie in solche Verbindung gesetzt, daß sich auf den endlosen Papierstreifen des Apparats der Gang dieser Uhr durch Punkte selbst aufzeichnete. Der elektrische Telegraph trägt jedes dieser Uhrzeichen augenblicklich nach den anderen Stationen und gibt denselben durch ähnliche Punkte auf ihren fortrückenden Papierstreifen die Zeit von Philadelphia. Auf diese Weise können willkürliche Zeichen oder der Moment des Durchganges eines Sternes in gleicher Art von dem Beobachter der Station eingetragen werden, indem er bloß mit dem Finger drückend eine Klappe berührt. „Der wesentliche Vorteil dieser amerikanischen Methode besteht," wie Steinheil sich ausdrückt, „darin, daß sie die Zeitbestimmung unabhängig von der Verbindung der beiden Sinne — Gesicht und Gehör — gemacht hat, indem der Uhrgang sich selbst notiert und der Moment des Sterndurchganges (nach Walkers Behauptung bis auf den mittleren Fehler von dem 70. Teil einer Sekunde) bezeichnet wird. Eine konstante Differenz der verglichenen Uhrzeichen von Philadelphia und Cambridge entspringt aus der Zeit, die der elektrische Strom braucht, um zweimal den Schließungskreis zwischen beiden Stationen zu durchlaufen."

Messungen, welche auf Leitungswegen von 1050 englischen oder 242 geographischen Meilen (1053 km) Länge angestellt wurden, gaben aus 18 Bedingungsgleichungen die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des hydrogalvanischen Stromes nur zu 18700 englischen oder 4060 geographischen Meilen (30127 km),[34] d. h. fünfzehnmal langsamer als der elektrische Strom in Wheatstones Drehscheiben! Da in den merkwürdigen Versuchen von Walker nicht zwei Drähte angewandt wurden, sondern die Hälfte der Leitung, wie man sich auszudrücken pflegt, durch den feuchten Erdboden geschah, so könnte hier die Vermutung gerechtfertigt scheinen, daß die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Elekrizität sowohl von der Natur als der Dimension des Mediums abhängig ist. Schlechte Leiter in der Voltaischen Kette erwärmen sich stärker als gute Leiter, und die elektrischen Entladungen sind nach den neuesten Versuchen von Rieß[35]) ein sehr verschiedenartig kompliziertes Phänomen. Die jetzt herrschenden Ansichten über das, was man „Verbindung durch Erdreich" zu nennen pflegt, sind der Ansicht von linearer Molekularleitung zwischen den beiden Drahtenden und der Vermutung von Leitungshindernissen, von Anhäufung und Durchbruch in einem Strome entgegen, da das, was einst als Zwischenleitung in der Erde betrachtet wurde, einer Ausgleichung (Wiederherstellung) der elektrischen Spannung allein angehören soll.

Wenn es gleich nach den jetzigen Grenzen der Genauigkeit in dieser Art von Beobachtungen wahrscheinlich ist, daß die Aberrationskonstante und demnach die Lichtgeschwindigkeit aller Fixsterne dieselbe ist, so ist doch auch mehrmals der Möglichkeit gedacht worden, daß es leuchtende Weltkörper gebe, deren Licht deshalb nicht bis zu uns gelangt, weil bei ihrer ungeheuren Masse die Gravitation die Lichtteilchen zur Umkehr nötigt. Die Emissionstheorie gibt solchen Phantasieen eine wissenschaftliche Form.[36] Ich erwähne hier derselben nur deshalb, weil später gewisser Eigentümlichkeiten der Bewegung, welche dem Procyon zugeschrieben wurden und auf eine Störung durch dunkle Weltkörper zu leiten schienen, Erwähnung geschehen muß. Es ist der Zweck dieses Teiles meines Werkes, das zu berühren, was zur Zeit seiner Ausarbeitung und seines Erscheinens die Wissenschaft nach verschiedenen Richtungen bewegt hat und so den individuellen Charakter einer Epoche in der siderischen wie in der tellurischen Sphäre bezeichnet.

Die photometrischen oder Helligkeitsverhältnisse selbst-

leuchtender Gestirne, welche den Weltraum erfüllen, sind seit mehr als zweitausend Jahren ein Gegenstand wissenschaftlicher Beobachtung und Schätzung gewesen. Die Beschreibung des gestirnten Himmels umfaßte nicht bloß die Ortsbestimmungen, die Messung des Abstandes der leuchtenden Weltkörper voneinander und von den Kreisen, welche sich auf den scheinbaren Sonnenlauf und die tägliche Bewegung des Himmelsgewölbes beziehen; sie berührte auch zugleich die relative Lichtstärke der Gestirne. Die Aufmerksamkeit der Menschen ist gewiß am frühesten auf den letzten Gegenstand geheftet gewesen; einzelne Sterne haben Namen erhalten, ehe man sie sich als mit anderen in Gruppen und Bildern verbunden dachte. Unter den wilden kleinen Völkerschaften, welche die dichten Waldgegenden des oberen Orinoko und Atabapo bewohnen, an Orten, wo der undurchdringliche Baumwuchs mich gewöhnlich zwang, zu Breitenbestimmungen nur hoch kulminierende Sterne zu beobachten, fand ich oft bei einzelnen Individuen, besonders bei Greisen, Benennungen für Canopus, Achernar, die Füße des Zentauren und α des südlichen Kreuzes. Hätte das Verzeichnis der Sternbilder, welches wir unter dem Namen der Katasterismen des Eratosthenes besitzen, das hohe Alter, das man ihm so lange zugeschrieben (zwischen Autolycus von Pitane und Timocharis, also fast anderthalb Jahrhunderte vor Hipparch), so besäßen wir in der Astronomie der Griechen eine Grenze für die Zeit, wo die Fixsterne noch nicht nach relativen Größen gereihet waren. Es wird in den Katasterismen bei der Aufzählung der Gestirne, welche jedem einzelnen Sternbilde zukommen, oft der Zahl der in ihnen leuchtendsten und der größten, oder der dunkeln, wenig erkennbaren gedacht,[37] aber keiner relativen Beziehung der Angaben von einem Sternbilde zum anderen. Die Katasterismen sind nach Bernhardy, Baehr und Letronne mehr als zwei Jahrhunderte neuer als der Katalog des Hipparchus, eine unfleißige Kompilation, ein Exzerpt aus dem, dem Julius Hyginus zugeschriebenen Poeticum astronomicum, wenn nicht aus dem Gedichte Ἑρμῆς des alten Eratosthenes. Jener Katalog des Hipparchus, welchen wir in der Form besitzen, die ihm im Almagest gegeben ist, enthält die erste und wichtige Bestimmung der Größenklassen (Helligkeitsabstufungen) von 1022 Sternen, also ungefähr von 1/5 aller am ganzen Himmel mit bloßen Augen sichtbaren Sterne zwischen 1. und 6. Größe, letztere mit eingeschlossen. Ob die Schätzungen von Hipparchus

allein herrühren, ob sie nicht vielmehr teilweise den Beobachtungen des Timocharis oder Aristyllus angehören, welche von Hypparchus so oft benutzt wurden, bleibt ungewiß.

Diese Arbeit ist die wichtige Grundlage gewesen, auf welcher die Araber und das ganze Mittelalter fortgebaut; ja die bis in das 19. Jahrhundert übergegangene Gewohnheit, die Zahl der Sterne erster Größe auf 15 zu beschränken (Mädler zählt deren 18, Rümker nach sorgfältigerer Erforschung des südlichen Himmels über 20), stammt aus der Klassifikation des Almagest am Schluß der Sterntafel des achten Buches her. Ptolemäus, auf das natürliche Sehen angewiesen, nannte dunkle Sterne alle, welche schwächer als seine 6. Klasse leuchten; von dieser Klasse führt er sonderbarerweise nur 49 auf, fast gleichartig unter beide Hemisphären verteilt. Erinnert man sich, daß das Verzeichnis ungefähr den fünften Teil aller dem bloßen Auge sichtbaren Fixsterne aufführt, so hätte dasselbe nach Argelanders Untersuchungen 640 Sterne 6. Größe geben sollen. Die Nebelsterne (νεφελοειδεῖς) des Ptolemäus und der Katasterismen des Pseudo-Eratosthenes sind meist kleine Sternschwärme,[38] welche bei der reineren Luft des südlichen Himmels als Nebelflecke erscheinen. Ich gründe diese Vermutung besonders auf die Angabe eines Nebels an der rechten Hand des Perseus. Galilei, der so wenig als die griechischen und arabischen Astronomen den dem bloßen Auge sichtbaren Nebelfleck der Andromeda kannte, sagt im Nuncius sidereus selbst, daß stellae nebulosae nichts anderes sind als Sternhaufen, die wie areolae sparsim per aethera fulgent. Das Wort Größenordnung (τῶν μεγάλων τάξις), obgleich auf den Glanz beschränkt, hat doch schon im 9. Jahrhunderte zu Hypothesen über die Durchmesser der Sterne verschiedener Helligkeit geführt, als hinge die Intensität des Lichtes nicht zugleich von der Entfernung, dem Volum, der Masse und der eigentümlichen, den Lichtprozeß begünstigenden Beschaffenheit der Oberfläche eines Weltkörpers ab.

Zur Zeit der mongolischen Obergewalt, als im 15. Jahrhundert unter dem Timuriden Ulugh Beig die Astronomie in Samarkand in größter Blüte war, erhielten photometrische Bestimmungen dadurch einen Zuwachs, daß jede der 6 Klassen der hipparchischen und ptolemäischen Sterngrößen in 3 Unterabteilungen geteilt wurde; man unterschied kleine, mittlere und große Sterne der zweiten Größe, was an die Versuche zehnteiliger Abstufungen von Struve und Argelander erinnert.[39]

In den Tafeln von Ulugh Beig wird dieser photometrische Fortschritt, die genauere Bestimmung der Lichthelligkeiten, dem Abdurrahman Sufi zugeschrieben, welcher ein eigenes Werk „von der Kenntnis der Fixen“ herausgegeben hatte und zuerst der einen (Magelhaensschen) Lichtwolke unter dem Namen des Weißen Ochsen erwähnte. Seit der Einführung des teleskopischen Sehens und seiner allmählichen Vervollkommnung wurden die Schätzungen der Lichtabstufung weit über die 6. Klasse ausgedehnt. Das Bedürfnis, die im Schwan und im Ophiuchus neu erschienenen Sterne (der erstere blieb 21 Jahre lang leuchtend) in der Zunahme und Abnahme ihres Lichtes mit dem Glanze anderer Sterne zu vergleichen, reizte zu photometrischen Betrachtungen. Die sogenannten dunklen Sterne des Ptolemäus (unter der 6. Größe) erhielten numerische Benennungen relativer Lichtintensität. „Astronomen,“ sagt Sir John Herschel, „welche an den Gebrauch mächtiger, raumdurchdringender Fernröhren gewöhnt sind, verfolgen abwärts die Reihung der Lichtschwäche von der 8. bis zur 16. Größe.“ Aber bei so schwachem Lichtglanze sind die Benennungen der Größenklassen teilweise sehr unbestimmt, da Struve bisweilen zur 12. bis 13. Größe zählt, was John Herschel 18. bis 20. nennt.

Es ist hier nicht der Ort, die sehr ungleichartigen Methoden zu prüfen, welche in anderthalb Jahrhunderten, von Auzout und Huygens bis Bouguer und Lambert, von William Herschel, Rumford und Wollaston bis Steinheil und John Herschel, zu Lichtmessungen angewandt worden sind. Es genügt nach dem Zweck dieses Werkes die Methoden übersichtlich zu nennen. Sie waren: Vergleichung mit den Schatten künstlicher Lichter, in Zahl und Entfernung verschieden, Diaphragmen, Plangläser von verschiedener Dicke und Farbe, künstliche Sterne, durch Reflex aus Glaskugeln gebildet, Nebeneinanderstellung von zwei siebenfüßigen Teleskopen, bei denen man fast in einer Sekunde von einem zum anderen gelangen konnte; Reflexionsinstrumente, in welchen man zwei zu vergleichende Sterne zugleich sieht, nachdem das Fernrohr vorher so gestellt worden ist, daß der unmittelbar gesehene Stern zwei Bilder von gleicher Intensität gegeben hat;[40] Apparate mit einem vor dem Objektiv angebrachten Spiegel und mit Objektivblendungen, deren Drehung auf einem Ringe gemessen wird; Fernröhren mit geteilten Objekten, deren jede Hälfte das Sternlicht durch ein Prisma erhält; Astrometer,[41] in welchen

ein Prisma das Bild des Mondes oder des Jupiter reflektiert, und durch eine Linse in verschiedenen Entfernungen das Bild zu einem lichtvolleren oder lichtschwächeren Stern konzentriert wird. Der geistreiche Astronom, welcher in der neuesten Zeit in beiden Hemisphären sich am eifrigsten mit der numerischen Bestimmung der Lichtstärke beschäftigt hat, Sir John Herschel, gesteht doch nach vollbrachter Arbeit selbst, daß die praktische Anwendung genauer photometrischer Methoden noch immer als „ein Desideratum der Astronomie" betrachtet werden müsse, daß „die Lichtmessung in der Kindheit liege". Das zunehmende Interesse für die veränderlichen Sterne, und eine neue Himmelsbegebenheit, die außerordentliche Lichtzunahme eines Sternes im Schiffe Argo im Jahre 1837, haben das Bedürfnis sicherer Lichtbestimmungen jetzt mehr als je fühlen lassen.

Es ist wesentlich zu unterscheiden zwischen der bloßen Reihung der Gestirne nach ihrem Glanze, ohne numerische Schätzungen der Intensität des Lichtes (eine solche Reihung enthält Sir John Herschels wissenschaftliches Handbuch für Seefahrer), und zwischen Klassifikationen mit zugefügten Zahlen, welche die Intensität unter der Form sogenannter Größenverhältnisse oder durch die gewagteren Angaben der Quantitäten des ausgestrahlten Lichtes ausdrücken.[42] Die erste Zahlenreihe, auf Schätzungen mit dem bloßen Auge gegründet, aber durch sinnreiche Bearbeitung des Stoffes vervollkommnet, verdient unter den approximativen Methoden in dem gegenwärtigen so unvollkommenen Zustande der photometrischen Apparate wahrscheinlich den Vorzug,[43] so sehr auch bei ihr durch die Individualität des Beobachters, die Heiterkeit der Luft, die verschiedene Höhe weit voneinander entfernter und nur vermöge vieler Mittelglieder zu vergleichender Sterne, vor allem aber durch die ungleiche Färbung des Lichtes die Genauigkeit der Schätzungen gefährdet wird. Sehr glänzende Sterne erster Größe: Sirius und Canopus, α Centauri und Achernar, Deneb und Wega, sind schon bei weißem Lichte, weit schwieriger durch Schätzung des bloßen Auges miteinander zu vergleichen als schwächere Sterne unter der 6. und 7. Größe. Die Schwierigkeit der Vergleichung nimmt bei Sternen sehr intensiven Lichtes aber noch zu, wenn gelbe Sterne: Procyon, Capella oder Atair mit rötlichen, wie Aldebaran, Arctur und Beteigeuze, verglichen werden sollen.

Mittels einer photometrischen Vergleichung des Mondes mit dem Doppelsterne α Centauri des südlichen Himmels, dem

dritten aller Sterne an Lichtstärke, hat Sir John Herschel es versucht, das Verhältnis zwischen der Intensität des Sonnenlichts und dem Lichte eines Sternes 1. Größe zu bestimmen; es wurde dadurch (wie früher durch Wollaston) ein Wunsch erfüllt, den John Michell schon 1767 ausgesprochen hatte. Nach dem Mittel aus 11 Messungen, mit einem prismatischen Apparate veranstaltet, fand Sir John Herschel den Vollmond 27408mal heller als α Centauri. Nun ist nach Wollaston[44] die Sonne 801072mal lichtstärker als der Vollmond; es folgt also daraus, daß das Licht, welches uns die Sonne zusendet, sich zu dem Lichte, das wir von α Centauri empfangen, ungefähr verhält wie 22000 Millionen zu 1. Es ist demnach sehr wahrscheinlich, wenn man nach seiner Parallaxe die Entfernung des Sternes in Anschlag bringt, daß dessen innere (absolute) Leuchtkraft die unserer Sonne $2^3/_{10}$mal übersteigt. Die Helligkeit von Sirius hat Wollaston 20000 Millionenmal schwächer gefunden als die der Sonne. Nach dem, was man jetzt von der Parallele des Sirius zu wissen glaubt (0,230″), überträfe aber seine wirkliche (absolute) Lichtstärke die der Sonne 63mal. Unsere Sonne gehörte also durch die Intensität ihrer Lichtprozesse zu den schwachen Fixsternen. Sir John Herschel schätzt die Lichtstärke des Sirius gleich dem Lichte von fast zweihundert Sternen 6. Größe. Da es nach Analogie der schon eingesammelten Erfahrungen sehr wahrscheinlich ist, daß alle Weltkörper, wenn auch nur in sehr langen und ungemessenen Perioden, veränderlich sind im Raume wie in der Lichtstärke, so erscheint, bei der Abhängigkeit alles organischen Lebens von der Temperatur und Lichtstärke der Sonne, die Vervollkommnung der Photometrie wie ein großer und ernster Zweck wissenschaftlicher Untersuchung. Diese Vervollkommnung allein kann die Möglichkeit darbieten, künftigen Geschlechtern numerische Bestimmungen zu hinterlassen über den Lichtzustand des Firmaments. Viele geognostische Erscheinungen, welche sich beziehen auf die thermische Geschichte unseres Luftkreises, auf ehemalige Verbreitung von Pflanzen- und Tierarten, werden dadurch erläutert werden. Auch waren solche Betrachtungen schon vor mehr als einem halben Jahrhunderte dem großen Forscher William Herschel nicht entgangen, welcher, ehe noch der enge Zusammenhang von Elektrizität und Magnetismus entdeckt war, die ewig leuchtenden Wolkenhüllen des Sonnenkörpers mit dem Polarlichte des Erdballes verglich.

Das vielversprechendste Mittel direkter Messung der Lichtstärke hat Arago in dem Komplementarzustande der durch Transmission und Reflexion gesehenen Farbenringe erkannt. Ich gebe in einer Anmerkung [45] mit den eigenen Worten meines Freundes die Angabe seiner photometrischen Methode, der er auch den optischen Grundsatz, auf welchem sein Cyanometer beruht, beigefügt hat.

Die sogenannten Größenverhältnisse der Fixsterne, welche jetzt unsere Kataloge und Sternkarten angeben, führen zum Teil als gleichzeitig auf, was bei den kosmischen Lichtveränderungen sehr verschiedenen Zeiten zugehört. Ein sicheres Kennzeichen solcher Lichtveränderungen ist aber nicht immer, wie lange angenommen worden ist, die Reihenfolge der Buchstaben, welche in der seit dem Anfang des 17. Jahrhunderts so viel gebrauchten Uranometria Bayeri den Sternen beigefügt sind. Argelander hat glücklich erwiesen, daß man von dem alphabetischen Vorrange nicht auf die relative Helligkeit schließen kann, und daß Bayer in der Wahl der Buchstaben sich von der Gestalt und Richtung der Sternbilder habe leiten lassen. [46]

Anmerkungen.

[1] (S. 42.) Morin sagt selbst in seiner 1634 erschienenen Scientia longitudinum: „Applicatio tubi optici ad alhidadam pro stellis fixis prompte et accurate mensurandis a me excogitata est.“ Picard bediente sich noch bis 1667 keines Fernrohrs am Mauerquadranten, und Hevelius, als ihn Halley 1679 in Danzig besuchte und die Genauigkeit seiner Höhenmessungen bewunderte, beobachtete durch vervollkommnete Spaltöffnungen.

[2] (S. 42.) Der unglückliche, lang verkannte Gascoigne fand, kaum 23 Jahre alt, den Tod in der Schlacht bei Marston Moor, die Cromwell den königlichen Truppen lieferte. Ihm gehört, was man lange Picard und Auzout zugeschrieben und was der beobachtenden Astronomie, deren Hauptgegenstand es ist, Orte am Himmelsgewölbe zu bestimmen, einen vorher unerreichten Aufschwung gegeben hat. [William Gascoigne, geb. um 1621, gest. am 2. Juli 1644, ist der Erfinder des Mikrometers. — D. Herausg.]

[3] (S. 43.) Die Stelle, in welcher Strabo die Ansicht des Posidonius zu widerlegen sucht, lautet nach den Handschriften also: „Das Bild der Sonne vergrößere sich auf den Meeren, ebensowohl beim Aufgang als beim Untergang, weil da in größerem Maße die Ausdünstungen aus dem feuchten Elemente aufsteigen; denn das Auge, wenn es durch die Ausdünstungen sehe, empfange, wie wenn es durch Röhren sieht, gebrochen die Bilder in erweiterter Gestalt, und dasselbe geschehe, wenn es durch eine trockene und dünne Wolke Sonne und Mond im Untergehen sehe, in welchem Falle denn auch das Gestirn rötlich erscheine.“ Man hat diese Stelle noch ganz neuerdings für korrumpiert gehalten und statt δι' αὐλῶν: δι' ὑάλων (durch Glaskugeln) lesen wollen. Die vergrößernde Kraft der hohlen gläsernen, mit Wasser gefüllten Kugeln war den Alten allerdings so bekannt, als die Wirkungen der Brenngläser oder Brennkristalle und des Neronischen Smaragds, aber zu astronomischen Meßinstrumenten konnten jene Kugeln gewiß nicht dienen. Sonnenhöhen, durch dünne, lichte Wolken oder durch vulkanische Dämpfe genommen, zeigen keine Spur vom Einfluß der Refraktion. Obrist Baeyer [berühmter Geodät, geb. 5. November 1794 zu Müggelsheim bei Köpenick, gest. am 10. September 1885 zu Berlin als kgl. preuß. Generallieutenant und Präsident des geodätischen Instituts,

sowie des Centralbüreaus der europäischen Gradmessung. — Der Herausg.] hat bei vorbeiziehenden Nebelstreifen, ja bei geflissentlich erregten Dämpfen keine Angularveränderung des Heliotroplichts gefunden und also Aragos Versuche völlig bestätigt. Peters in Pulkowa, indem er Gruppen von Sternhöhen, bei heiterem Himmel und durch lichte Wolken gemessen, vergleicht, findet keinen Unterschied, der 0,017″ erreicht. — Ueber die Anwendung der Röhren beim Absehen in den arabischen Instrumenten s. Jourdain, Sur l'Observatoire de Meragah p. 27 und A. Sédillot, Mém. sur les Instruments astronomiques des Arabes 1841. p. 198. Arabische Astronomen haben auch das Verdienst, zuerst große Gnomonen mit kleiner zirkularer Oeffnung eingeführt zu haben. In dem kolossalen Sextanten von Abu Mohammed al-Chokandi erhielt der von 5 zu 5 Minuten eingeteilte Bogen das Bild der Sonne selbst. „A midi les rayons du Soleil passaient par une ouverture pratiquée dans la voûte de l'Observatoire qui couvrait l'instrument, suivaient le *tuyau* et formaient sur la concavité du Sextant une image circulaire, dont le centre donnait, sur l'arc gradué, le complément de la hauteur du soleil. Cet instrument ne diffère de Notre Mural qu'en ce qu'il était garni d'un simple tuyau au lieu d'une lunette.“ Sédillot p. 37, 202 und 205. Die durchlöcherten Abseher (Dioptern, pinnulae) wurden bei den Griechen und Arabern zu Bestimmung des Monddurchmessers dergestalt gebraucht, daß die zirkulare Oeffnung in der beweglichen Objektivdiopter größer als die der feststehenden Okulardiopter war, und erstere so lange verschoben ward, bis die Mondscheibe, durch die Okularöffnung gesehen, die Objektivöffnung ausfüllte. Die Abseher mit runden oder Spaltöffnungen des Archimedes, welcher sich der Schattenrichtung von zwei kleinen, an derselben Alhibade befestigten Cylinder bediente, scheinen eine erst von Hipparch eingeführte Vorrichtung zu sein.

[4] (S. 44.) P. Angelo Secchi, der sich mehrere Jahre mit ganz besonders großem Eifer mit der Untersuchung der Sternspektren beschäftigte und fast alle Hauptsterne nebst vielen anderen, im ganzen wenigstens 4000 unter das Spektroskop brachte, hat die Thatsache erwiesen, daß trotz der großen Anzahl der Sterne, die Spektren derselben sich auf wenige bestimmte und wohl unterschiedene Formen, vier Typen, wie er sie nennt, zurückführen lassen. Zwischen den verschiedenen Typen gibt es nun manche Uebergangsstufen, so daß es bei manchen Sternen zweifelhaft sein kann, welchem Typus sie zuzurechnen sind. Andererseits sind einige Sterne mit besonders auffälligen Spektren überhaupt unter Secchis Typen nicht unterzubringen, und der gelehrte Jesuit hat daher einzelne Sterne wieder zu einem fünften Typus zusammengefaßt. — [D. Herausg.]

[5] (S. 45.) Für die wichtige Unterscheidung des eigenen und reflektierten Lichtes kann hier als Beispiel angeführt werden Aragos Untersuchung des Kometenlichtes. Durch Anwendung der von ihm

1811 entdeckten chromatischen Polarisation bewies die Erzeugung von Komplementarfarben, rot und grün, daß in dem Lichte des Halleyschen Kometen (1835) reflektiertes Sonnenlicht enthalten sei. Den früheren Versuchen mittels gleicher und ungleicher Intensität der Bilder im Polariskop das eigene Licht der Capella mit dem des plötzlich (Anfang Juli 1819) aus den Sonnenstrahlen heraustretenden glanzvollen Kometen zu vergleichen, habe ich selbst beigewohnt.

[6] (S. 45.) Lettre de M. Arago à Alexandre de Humboldt 1840, p. 37: „A l'aide d'un polariscope de mon invention, je reconnus (avant 1820), que la lumière de tous les corps terrestres incandescents, *solides* ou *liquides,* est de la lumière naturelle, tant qu'elle émane du corps sous des incidences perpendiculaires. La lumière, au contraire, qui sort de la surface incandescente sous un angle aigu, offre des marques manifestes de polarisation. Je ne m'arrête pas à te rappeler ici, comment je déduisis de ce fait de conséquence curieuse que la lumière ne s'engendre pas seulement à la surface des corps; qu'une portion naît *dans leur substance même,* cet substance fût-elle du platine. J'ai seulement besoin de dire qu'en répétant la même série d'épreuves et avec les mêmes instruments sur la lumière que lance une substance *gazeuse* enflammée, on ne lui trouve, *sous quelque inclinaison que ce soit*, aucun des caractères de la *lumière polarisée*; que la lumière des gaz, prise à la sortie de la surface enflammée, est de la lumière naturelle: ce qui n'empêche pas qu'elle ne se polarise ensuite complètement si on la soumet à des réflexions ou à des réfractions convenables. De là une méthode très simple pour découvrir à 40 millions de lieues de distance la nature du Soleil. La lumière provenant *du bord de cet astre,* la lumière émanée de la matière solaire *sus un angle aigu,* et nous arrivant sans avoir éprouvé en route des réflexions ou des réfractions sensibles, offre-t-elle des traces de polarisation: le Soleil est un corps *solide* ou *liquide.* S'il n'y a, au contraire, aucun indice de polarisation dans la lumière du bord, la *partie incandescente* du Soleil *est gazeuse.* C'est par cet enchaînement méthodique d'observations qu'on peut arriver à des notions exactes sur la constitution physique du Soleil.“ Alle umständlichen optischen Erörterungen, die ich den gedruckten oder handschriftlichen Abhandlungen meines Freundes entlehne, gebe ich mit seinen eigenen Worten wieder, um Mißdeutungen zu vermeiden, welche bei dem Zurückübersetzen in die französische Sprache oder in viele andere Sprachen, in denen der Kosmos erscheint, durch das Schwankende der wissenschaftlichen Terminologie entstehen könnten.

[7] (S. 45.) Um die Behauptung des Aratus, daß in den Plejaden nur sechs Sterne sichtbar sind, zu widerlegen, sagt Hipp-

arch: „Dem Aratus ist ein Stern entgangen. Denn wenn man in einer heiteren und mondlosen Nacht sein Auge auf die Konstellation scharf heftet, so erscheinen in derselben sieben Sterne, daher es wundersam scheinen kann, daß Attalus bei seiner Beschreibung der Plejaden ihm (dem Aratus) auch dieses Versehen hat durchgehen lassen, als sei dessen Angabe in der Ordnung." Merope wird in den dem Eratosthenes zugeschriebenen Katasterismen die unsichtbare, πανaφανής, genannt.

[8] (S. 46.) Ideler, Sternnamen S. 19 und 25. — „On observe," sagt Arago, „qu'une lumière forte fait disparaître une lumière faible placée dans le voisinage. Quelle peut en être la cause? Il est possible physiologiquement que l'ébranlement communiqué à la rétine par la lumière forte s'étend au delà des points que la lumière forte a frappés, et que cet ébranlement secondaire absorbe et neutralise en quelque sorte l'ébranlement provenant de la seconde et faible lumière. Mais sans entrer dans ces causes physiologiques, il y a une cause directe qu'on peut indiquer pour la disparition de la faible lumière: c'est que les rayons provenant de la grande n'ont pas seulement formé une image nette sur la rétine, mais se sont dispersés aussi sur toutes les parties de cet organe à cause des imperfections de transparence de la cornée. — Les rayons du corps plus brillant *a* en traversant la cornée se comportent comme en traversant un corps légèrement dépoli. Une partie de ces rayons réfractés régulièrement forme l'image même de *a*, l'autre partie *dispersée* éclaire la totalité de la rétine. C'est donc sur ce fond lumineux que se projette l'image de l'objet voisin *b*. Cette dernière image doit donc ou disparaître ou être affaiblie. De jour deux causes contribuent à l'affaiblissement des étoiles. L'une de ces causes c'est l'image distincte de cette portion de l'atmosphère comprise dans la direction de l'étoile (de la portion aérienne placée entre l'oeil et l'étoile) et sur laquelle l'image de l'étoile vient de se peindre; l'autre cause c'est la lumière diffuse provenant de la dispersion que les défauts de la cornée impriment aux rayons émanants de tous les points de l'atmosphère visible. *De nuit* les couches atmosphériques interposées entre l'oeil et l'étoile vers laquelle on vise, n'agissent pas; chaque étoile du firmament forme une image plus nette, mais une partie de leur lumière se trouve dispersée à cause du manque de diaphanité de la cornée. Le même raisonnement s'applique à une deuxième, troisième .... millième étoile. La rétine se trouve donc éclairée en totalité par une lumière diffuse, proportionnelle au nombre de ces étoiles et à leur éclat. On conçoit par-là que cette somme de lumière diffuse affaiblisse ou fasse entièrement disparaître l'image de l'étoile vers laquelle on dirige la vue." (Arago, handschriftliche Aufsätze vom Jahr 1847.)

[9] (S. 47.) Arago im Annuaire pour 1842, p. 284 und in den Comptes rendus T. XV, 1842, p. 750. „In Bezug auf Ihre Vermutungen über die Sichtbarkeit des Jupiterstrabanten," schreibt mir Herr Dr. Galle, „habe ich einige Schätzungen der Größe angestellt, jedoch gegen mein eigenes Erwarten gefunden, daß dieselben nicht 5. Größe, sondern höchstens 6. oder 7. Größe sind. Bloß der hellste, dritte Trabant zeigte sich einem benachbarten Sterne 6. Größe (den ich in einiger Entfernung vom Jupiter nur eben mit unbewaffnetem Auge erkennen konnte) etwa gleich, so daß, mit Rücksicht auf den Schein des Jupiter, dieser Trabant vielleicht 5. bis 6. Größe geschätzt werden könnte, wenn er isoliert stände. Der 4. Trabant befand sich in seiner größten Elongation; ich konnte ihn aber nur 7. Größe schätzen. Die Strahlen des Jupiter würden die Sichtbarkeit dieses Trabanten nicht hindern, wenn derselbe heller wäre. Nach Vergleichungen des Aldebaran mit dem benachbarten, deutlich als doppelt erkennbaren Stern ϑ Tauri (mit 5½ Minuten Distanz) schätze ich für ein gewöhnliches Auge die Strahlenbrechung des Jupiters auf mindestens 5—6 Minuten." Diese Schätzungen stimmen mit denen von Arago überein; dieser glaubt sogar, daß die falschen Strahlen bei einigen Personen das Doppelte betragen. Die mittleren Entfernungen der vier Trabanten vom Centrum des Hauptplaneten sind bekanntlich 1′51″, 2′57″, 4′42″ und 8,16″. „Si nous supposons que l'image de Jupiter, dans certains yeux exceptionnels, s'épanouisse seulement par des rayons d'une ou deux minutes d'amplitude, il ne semblera pas impossible que les satellites soient de tems en tems aperçus, sans avoir besoin de recourir à l'artifice de l'amplification. Pour vérifier cette conjecture, j'ai fait construire une petite lunette dans laquelle l'objectif et l'oculaire ont à peu près le même foyer, et qui dès lors *ne grossit point*. Cette lunette ne détruit pas entièrement les rayons divergents, mais elle en réduit considérablement la longueur. Cela a suffi pour qu'un Satellite convenablement écarté de la planète, soit devenu visible. Le fait a été constaté par tous les jeunes astronomes de l'Observatoire." Arago in den Comptes rendus T. XV (1842), p. 751. — Als ein merkwürdiges Beispiel der Scharfsichtigkeit und großen Sensibilität der Netzhaut einzelner Individuen, welche mit unbewaffnetem Auge Jupiterstrabanten sehen, kann ein 1837 in Breslau verstorbener Schneidermeister Schön angeführt werden, über den mir der gelehrte und thätige Direktor der dortigen Sternwarte, Herr von Boguslawski, interessante Mitteilungen gemacht hat. „Nachdem man sich mehrfach seit 1820 durch ernste Prüfung überzeugt hatte, daß in heiteren, mondlosen Nächten Schön die Stellung von Jupiterstrabanten, selbst von mehreren zugleich, richtig angab, und man ihm von den Ausstrahlungen und Sternschwänzen sprach, die andere zu hindern schienen ein Gleiches zu thun, äußerte Schön seine Verwunderung über jene hindernden

Ausstrahlungen. Aus den lebhaft geführten Debatten zwischen ihm und den Umstehenden über die Schwierigkeit des Sehens der Trabanten mit bloßem Auge mußte der Schluß gezogen werden, dem Schön seien Planeten und Fixsterne immer frei von Strahlen, wie leuchtende Punkte, erschienen. Am besten sah er den dritten Trabanten, auch wohl den ersten, wenn er gerade in der größten Digression war; nie aber sah er den zweiten und vierten allein. Bei nicht ganz günstiger Luft erschienen ihm die Trabanten bloß als schwache Lichtstreifen. Kleine Fixsterne, vielleicht wegen des funkelnden, minder ruhigen Lichtes, verwechselte er bei den Versuchen nie mit Trabanten. Einige Jahre vor seinem Tode klagte mir Schön, daß seine alternden Augen nicht mehr bis zu den Jupitersmonden reichten, und daß sie jetzt auch bei heiterer Luft ihm einzeln nur ihre Stelle als schwache lichte Streifen bezeichneten." Die eben erwähnten Versuche stimmten ganz mit dem, was längst über die relative Helligkeit der Jupiterstrabanten bekannt ist; denn Helligkeit und Qualität des Lichtes wirken bei Individuen von so großer Vollkommenheit und Sensibilität des Organs wahrscheinlich mehr als Abstand vom Hauptplaneten. Schön sah nie den zweiten und vierten Trabanten. Jener ist der kleinste von allen, dieser nach dem dritten allerdings der größte und fernste, aber periodisch von dunkler Färbung und gewöhnlich der lichtschwächste unter den Trabanten. Von dem dritten und ersten, die am besten und häufigsten mit unbewaffnetem Auge gesehen wurden, ist jener, der größte aller, in der Regel der hellste, und von sehr entschieden gelber Farbe; dieser, der erste, übertrifft bisweilen in der Intensität seines hellgelben Lichtes den Glanz des dritten und viel größeren. (Mädler, Astron. 1846, S. 231 bis 234 und 439.) Wie durch eigene Brechungsverhältnisse im Sehorgan entfernte leuchtende Punkte als lichte Streifen erscheinen können, zeigen Sturm und Airy in den Comptes rendus de l'Acad. des Sc. T. XX, 1845, p. 764—766.

[10] (S. 47.) „L'image *épanouie* d'une étoile de 7ème grandeur n'ébranle pas suffisamment la rétine: elle n'y fait pas naître une sensation appréciable de lumière. Si l'image *n'était point épanouie* (par des rayons divergents), la sensation aurait plus de force, et l'étoile se verrait. La première classe d'étoiles invisibles à l'oeil nu ne serait plus alors la septième: pour la trouver, il faudrait peut-être descendre alors jusqu'à la 12e. Considérons un groupe d'étoiles de 7e grandeur tellement rapprochées les unes des autres que les intervalles échappent nécessairement à l'oeil. *Si la Vision avait de la netteté*, si l'image de chaque étoile était très petite et bien terminée, l'observateur apercevrait un champ de lumière dont chaque point aurait *l'éclat concentré* d'une étoile de 7e grandeur. *L'éclat concentré* d'une étoile de 7e grandeur suffit à la vision à l'oeil nu. Le groupe serait donc visible à l'oeil nu. Dila-

tons maintenant sur la rétine l'image de chaque étoile du groupe; remplaçons chaque point de l'ancienne image générale par un petit cercle: ces cercles empiéteront les uns sur les autres, et les divers points de la rétine se trouveront éclairés par de la lumière venant simultanément de plusieurs étoiles. Pour peu qu'on y réfléchisse, il restera évident qu'excepté sur les bords de l'image générale, l'aire lumineuse ainsi éclairée a précisément, à cause de la superposition des cercles, la même intensité que dans le cas où chaque étoile n'éclaire qu'un seul point au fond de l'oeil; mais si chacun de ces points reçoit une lumière égale en intensité à la lumière concentrée d'une étoile de 7e grandeur, il est clair que l'épanouissement des images individuelles des étoiles contiguës ne doit pas empêcher la visibilité de l'ensemble. Les instruments télescopiques ont, quoiqu'à un beaucoup moindre degré, le défaut de donner aussi aux étoiles un *diamètre sensible et factice.* Avec ces instruments, comme à l'oeil nu, on doit donc apercevoir des groupes, composés d'étoiles inférieures en intensité à celles que les mêmes lunettes ou télescopes feraient apercevoir isolément.“ Arago im Annuaire du Bureau des Longitudes pour l'an 1842, p. 284.

[11] (S. 49.) Die von Buffon erwähnte Stelle des Aristoteles findet sich in einem Buche, wo man sie am wenigsten gesucht hatte: in dem De generat. Animal. V, 1, p. 780 Bekker. Sie lautet genau übersetzt folgendermaßen: „Scharf sehen heißt einerseits vermögen, fern zu sehen, andererseits die Unterschiede des Gesehenen genau erkennen. Beides ist nicht zugleich bei denselben (Individuen) der Fall. Denn derjenige, welcher sich die Hand über die Augen hält oder durch eine Röhre sieht, ist nicht mehr und nicht weniger imstande die Unterschiede der Farben zu ergründen, wird aber wohl die Gegenstände in größerer Entfernung sehen. So kommt es ja auch vor, daß die, welche in Erdgewölben und Zisternen sich befinden, von da aus bisweilen Sterne sehen.“ Ὀρύγματα und besonders φρέατα sind unterirdische Zisternen oder Quellgemächer, welche in Griechenland, wie als Augenzeuge Prof. Franz bemerkt, durch einen senkrechten Schacht mit Luft und Licht in Verbindung gesetzt sind und sich nach unten wie der Hals einer Flasche erweitern. Plinius sagt: „Altitudo cogit minores videri stellas; affixas caelo Solis fulgor interdiu non cerni, quum aeque ac noctu luceant: idque manifestum fiat *defectu Solis et praealtis puteis.* Kleomedes spricht nicht von bei Tage gesehenen Sternen, behauptet aber, „daß die Sonne, aus tiefsten Zisternen betrachtet, größer erscheine wegen der Dunkelheit und feuchten Luft“.

[12] (S. 50.) „We have ourselves heard it stated by a celebrated Optician, that the earliest circumstance which drew his attention to astronomy, was the regular appearance, at a

certain hour, for several successive days, of a considerable star, through the shaft of a chimney.“ John Herschel, Outlines of Astr. § 61. Die Rauchfangkehrer, bei denen ich nachgeforscht, berichten bloß, aber ziemlich gleichförmig, „daß sie bei Tage nie Sterne gesehen, daß aber bei Nacht ihnen aus tiefen Röhren die Himmelsdecke ganz nahe und die Sterne wie vergrößert schienen.“ Ich enthalte mich aller Betrachtung über den Zusammenhang beider Illusionen.

[13] (S. 51.) Humboldt, Voy. aux Régions équin. T. I, p. 125: „On croyoit voir de petites fusées lancées dans l'air. Des points lumineux, élevés de 7 à 8 degrés, paroissoient d'abord se mouvoir dans le sens vertical, mais puis se convertir en une véritable oscillation horizontale. Ces points lumineux étoient des images de plusieurs étoiles agrandies (en apparence) par les vapeurs et revenant au même point d'où elles étoient parties.“

[14] (S. 51.) Prinz Adalbert von Preußen, aus meinem Tagebuche 1847, S. 213. Hängt die von mir beschriebene Erscheinung vielleicht mit der zusammen, welche Carlini beim Durchgange des Polarsterns und bei dessen Oszillationen von 10 bis 12 Sekunden in dem stark vergrößernden Mailänder Mittagsfernrohr beobachtet hat? Brandes will sie auf Luftspiegelung (mirage) zurückführen. Auch das sternartige Heliotroplicht sah ein vortrefflicher und geübter Beobachter, Obrist Baeyer, oft in horizontalem Hin- und Herschwanken.

[15] (S. 54.) Das ausgezeichnete künstlerische Verdienst von Konstantin Huygens, welcher Sekretär des Königs Wilhelm III. war, ist neuerdings in das gehörige Licht gesetzt worden, durch Uylenbroek in der Oratio de fratribus Christiano atque Constantino Hugenio, artis dioptricae cultoribus, 1838; und von dem gelehrten Direktor der Leidener Sternwarte, Prof. Kaiser, in Schumachers astron. Nachr. Nr. 592, S. 246.

[16] (S. 54.) „Nous avons placé ces grands verres,“ sagt Dominique Cassini, „tantôt sur un grand mât, tantôt sur la *tour de bois venue de Marly*; enfin nous les avons mis dans un tuyau monté sur un support en forme d'échelle à trois faces, ce qui a eu (dans la découverte des Satellites de Saturne) le succès que nous en avions espéré.“ Diese übermäßigen Längen der optischen Werkzeuge erinnern an die arabischen Meßinstrumente: Quadranten von 180 Fuß (57,5 m) Radius, in deren eingeteilten Bogen das Sonnenbild durch eine kleine runde Oeffnung gnomonisch einfiel. Ein solcher Quadrant stand zu Samarkand, wahrscheinlich dem früher konstruierten Sextanten von 57 Fuß (8,5 m) Höhe des Al-Chokandi nachgebildet.

[17] (S. 55.) Früher schon hatte der mystische, aber in optischen Dingen sehr erfahrene Kapuzinermönch Schyrle von Rheita

in seinem Oculus Enoch et Eliae (Antv., 1645) von der nahen Möglichkeit gesprochen, sich 4000malige Vergrößerungen der Fernröhren zu schaffen, um genaue Bergkarten des Mondes zu liefern.

[18] (S. 55.) Ich habe in dem Texte die Benennungen Herschelscher Spiegelteleskope von 40, 29 und 7 englischen Fußen beibehalten, wenn ich auch sonst überall französisches Maß anwende; ich thue dies hier nicht bloß, weil diese Benennungen bequemer sind, sondern hauptsächlich, weil sie durch die großen Arbeiten des Vaters und des Sohnes in England und zu Feldhausen am Vorgebirge der guten Hoffnung eine historische Weihe erhalten haben.

[19] (S. 56.) Cauchois und Lerebours haben auch Objektive von mehr als 12½ Par. Zoll (333 mm) und 23½ Fuß (7,5 m) Fokalweite geliefert.

[20] (S. 57.) Herr Airy hat neuerlichst die Fabrikationsmethoden beider Teleskope vergleichend beschrieben, den Guß der Spiegel und die Metallmischung, die Vorrichtung zum Polieren, die Mittel der Aufstellung. Von dem Effekt des sechsfüßigen Metallspiegels des Lord Rosse heißt es dort: „The Astronomer Royal (Mr. Airy) alluded tho te impression made by the enormous light of the telescope: partly by the modifications produced in the appearances of nebulae already figured, partly by the great number of stars seen even at a distance from the Milky Way, and partly from the prodigious brilliancy of *Saturn*. The account given by another astronomer of the appearance of *Jupiter* was, that it resembled a coach-lamp in the telescope; and this well expresses the blaze of light which is seen in the instrument." Vergl. Sir John Herschel, Outl. of Astr. § 870: „The sublimity of the spectacle afforded by the magnificent reflecting telescope constructed by Lord Rosse of some of the larger globular clusters of nebulae is declared by all, who have witnessed it, to be such as no words can express. This telescope has resolved or rendered resolvable multitudes of nebulae which had resisted all inferior powers."

[21] (S. 58.) „La *lumière atmosphérique diffuse* ne peut s'expliquer par le reflet des rayons solaires sur la surface de séparation des couches de différentes densités dont on suppose l'atmosphère composée. En effet supposons le Soleil placé à l'horizon, les surfaces de séparation dans la direction du zénith seraient horizontales, par conséquent la réflexion serait horizontale aussi et nous ne verrions aucune lumière au zénith. Dans la supposition des couches aucun rayon ne nous arriverait par voie d'une première réflexion. Ce ne seraient que les réflexions multiples qui pourraient agir. Donc pour expliquer la *lumière diffuse,* il faut se figurer l'atmosphère composée de molécules (sphériques par exemple) dont chacune donne une image du soleil à peu près comme les boules de verre que nous plaçons dans nos jardins. L'air pur est bleu;

parce que d'après Newton les molécules de l'air ont l'*épaisseur* qui convient à la réflexion des rayons bleus. Il est donc naturel que les petites images du soleil que de tous côtés réfléchissent les molécules sphériques de l'air et qui sont la lumière diffuse, aient une teinte bleue; mais ce bleu n'est pas du bleu pur, c'est un blanc dans lequel le bleu prédomine. Lorsque le ciel n'est pas dans toute sa pureté et que l'air est mêlé de vapeurs visibles, la lumière diffuse reçoit beaucoup de blanc. Comme la lune est jaune, le bleu de l'air pendant la nuit est un peu verdâtre, c'est-à-dire mélangé de bleu et de jaune." (Arago, Handschrift von 1847.)

[22] (S. 58.) D'un des effets des Lunettes sur la visibilité des étoiles. (Lettre de Mr. Arago à Mr. de Humboldt, en décembre 1847.)

„L'oeil n'est doué que d'une sensibilité circonscrite, bornée. Quand la lumière qui frappe la rétine, n'a pas assez d'intensité, l'oeil ne sent rien. C'est par un manque d'intensité que beaucoup d'*étoiles*, même dans les nuits les plus profondes, échappent à nos observations. Les lunettes ont pour effet, *quant aux étoiles*, d'augmenter l'intensité de l'image. Le faisceau cylindrique de rayons parallèles venant d'une étoile, qui s'appuie sur la surface de la lentille objective et qui a cette surface circulaire pour base, se trouve considérablement resserré à la sortie de la lentille oculaire. Le diamètre du premier cylindre est au diamètre du second, comme la distance focale de l'objectif est à la distance focale de l'oculaire, ou bien comme le diamètre de l'objectif est au diamètre *de la portion d'oculaire*, qu'occupe le faisceau émergent. Les intensités de lumière dans les deux cylindres en question (dans les deux cylindres incident et émergent) doivent être entr' elles comme les étendues superficielles des bases. Ainsi la lumière émergente sera plus condensée, *plus intense*, que la lumière naturelle tombant sur l'objectif, dans le rapport de la surface de cet objectif à la surface circulaire de la base du faisceau émergent. Le faisceau *émergent, quand la lunette grossit*, étant plus étroit que le faisceau cylindrique qui tombe sur l'objectif, il est évident que la pupille, quelle que soit son ouverture, recueillera plus de rayons par l'intermédiaire de la lunette que sans elle. La lunette augmentera donc toujours l'intensité de la lumière *des étoiles*."

„Le cas *le plus favorable*, quant à l'effet des lunettes, est évidemment celui où l'oeil reçoit la totalité du faisceau émergent, le cas où ce faisceau a moins de diamètre que la pupille. Alors *toute la lumière* que l'objectif rembrasse, concourt, par l'entremise du télescope, à la formation de l'image. A l'oeil nu, au contraire, *une portion* seule de cette même lumière est mise à profit: c'est la petite portion que la surface de la

pupille découpe dans le faisceau incident naturel. L'intensité de l'image télescopique d'une *étoile* est donc à l'intensité de l'image à l'oeil nu, *comme la surface de l'objectif est à celle de la pupille*".

„Ce qui précède, est relatif à la visibilité d'un seul point, d'une seule étoile. Venons à l'observation d'un objet ayant des dimensions angulaires sensibles, à l'observation d'une *planète*. Dans les cas les plus favorables, c'est-à-dire lorsque la pupille reçoit la totalité du pinceau émergent, l'intensité de l'image *de chaque point* de la planète se calculera par la proportion que nous venons de donner. La quantité *totale de lumière* concourant à former *l'ensemble* de l'image à l'oeil nu, sera donc aussi à la *quantité totale de lumière* qui forme l'image de la planète à l'aide d'une lunette, comme la surface de la pupille est à la surface de l'objectif. Les intensités comparatives, non plus de points isolés, mais des deux images d'une planète, qui se forment sur la rétine à l'oeil nu, et par l'intermédiaire d'une lunette, doivent évidemment *diminuer* proportionnellement aux *étendues superficielles* de ces deux images. Les dimensions *linéaires* des deux images sont entr' elles comme le diamètre de l'objectif est au diamètre du faisceau émergent. Le nombre de fois que la *surface* de l'image amplifiée surpasse la *surface* de l'image à l'oeil nu, s'obtiendra donc en divisant le carré du *diamètre* de *l'objectif* par le carré du *diamètre du faisceau émergent*, ou bien la *surface de l'objectif par la surface de la base circulaire du faisceau émergent.*"

„Nous avons déjà obtenu le rapport des *quantités totales de lumière* qui engendrent les deux images *d'une planète*, en divisant la surface de l'objectif *par la surface de la pupille.* Ce nombre est *plus petit* que le quotient auquel on arrive in divisant la *surface de l'objectif* par la *surface du faisceau émergent.* Il en résulte, quant aux planètes: qu'une lunette fait moins gagner en intensité de lumière, qu'elle ne fait perdre en agrandissant *la surface* des images sur la rétine; l'intensité de ces images doit donc aller continuellement en s'affaiblissant à mesure que le pouvoir amplificatif de la lunette ou du télescope s'accroît."

„L'atmosphère peut être considérée comme une planète à dimensions indéfinies. La portion qu'on en verra dans une lunette, subira donc aussi la *loi* d'affaiblissement que nous venons d'indiquer. Le rapport entre l'intensité de la lumière d'une *planète* et le champ de lumière atmosphérique à travers lequel on la verra, sera le même à l'oeil nu et dans les lunettes de tous les grossissements, de toutes les dimensions. Les lunettes, *sous le rapport de l'intensité*, ne favorisent donc pas la visibilité *des planètes.*"

„Il n'en est point ainsi des *étoiles*. L'intensité de l'image d'une étoile est plus forte avec une lunette qu'à l'oeil nu; au contraire, le champ de la vision, uniformément éclairé dans les deux cas par la lumière atmosphérique, est plus clair à l'oeil nu que dans la lunette. Il y a donc deux raisons, sans sortir des considérations d'intensité, pour que dans une lunette l'image de l'étoile prédomine sur celle de l'atmosphère, notablement plus qu'à l'oeil nu."

„Cette prédominance doit aller graduellement en augmentant avec le grossissement. En effet, abstraction faite de certaine augmentation du diamètre de l'étoile, conséquence de divers effets de *diffraction* ou d'*interférence*, abstraction faite aussi d'une plus forte réflexion que la lumière subit sur les surfaces plus obliques des oculaires de très courts foyers, *l'intensité de la lumière de l'étoile est constante* tant que l'ouverture de l'objectif ne varie pas. Comme on l'a vu, la *clarté du champ* de la lunette, au contraire, *diminue sans cesse* à mesure que le pouvoir amplificatif s'accroît. Donc, toutes autres circonstances restant égales, une étoile sera d'autant plus visible, sa prédominance sur la lumière du champ du télescope sera d'autant plus tranchée qu'on fera usage d'un grossissement plus fort." (Arago, Handschrift von 1847.) — Ich füge noch hinzu aus dem Annuaire du Bureau des Long. pour 1846 (notices scientif. par Mr. Arago) p. 381: „L'expérience a montré que, pour le commun des hommes, deux espaces éclairés et contigus ne se distinguent pas l'un de l'autre, à moins que leurs intensités comparatives ne présentent, au minimum, une différence de $^1/_{60}$. Quand une lunette est tournée vers le firmament, son champ semble uniformément éclairé: c'est qu'alors il existe, dans un plan passant par le foyer et perpendiculaire à l'axe de l'objectif, une *image indéfinie* de la région atmosphérique vers laquelle la lunette est dirigée. Supposons qu'un astre, c'est-à-dire un objet situé bien au delà de l'atmosphère, se trouve dans la direction de la lunette: son image ne sera visible qu'autant qu'elle augmentera de $^1/_{60}$, au moins, l'intensité de la portion de l'image focale *indéfinie* de l'atmosphère, sur laquelle sa propre image *limitée* ira se placer. Sans cela, le champ visuel continuera à *paraître* partout de la même intensité."

[23] (S. 59.) Die früheste Bekanntmachung von Aragos Erklärung der Scintillation geschah in dem Anhange zum 4. Buche meines Voyage aux Régions équinoxales T. I, p. 623. Ich freue mich, mit den hier folgenden Erläuterungen, welche ich aus den oben (Anm. 6) angegebenen Gründen wieder in dem Originaltexte abdrucken lasse, den Abschnitt über das natürliche und teleskopische Sehen bereichern zu können.

Des causes de la Scintillation des étoiles.

„Ce qu'il y a de plus remarquable dans le phénomène de la scintillation, c'est le changement de couleur. Ce changement est beaucoup plus fréquent que l'observation ordinaire l'indique. En effet, en agitant la lunette, on transforme l'image dans une ligne ou un cercle, et tous les points de cette ligne ou de ce cercle paraissent de couleurs différentes. C'est la résultante de la superposition de toutes ces images que l'on voit, lorsqu'on laisse la lunette immobile. Les rayons qui se réunissent au foyer d'une lentille, vibrent d'accord ou en désaccord, s'ajoutent ou se détruisent, suivant que les couches qu'ils ont traversées, ont telle ou telle réfringence. L'ensemble des rayons rouges peut se détruire *seul*, si ceux de droite et de gauche et ceux de haut et de bas ont traversé de milieux inégalement réfringents. Nous avons dit *seul*, parce que la différence de refringence qui correspond à la destruction du rayon rouge, n'est pas la même que celle qui amène la destruction du rayon vert, et réciproquement. Maintenant si des rayons rouges sont détruits, ce qui reste, sera le blanc moins le rouge, c'est-à-dire du vert. Si le vert au contraire est détruit par *interférence*, l'image sera du blanc moins le vert, c'est-à-dire du rouge. Pour expliquer pourquoi les planètes à grand diamètre ne scintillent pas ou très peu, il faut se rappeler que le disque peut être considéré comme une aggrégation d'étoiles ou de petits points qui scintillent isolément; mais les images de différentes couleurs que chacun de ces points pris isolément donnerait, empiétant les unes sur les autres, formeraient du blanc. Lorsqu'on place un diaphragme ou un bouchon percé d'un trou sur l'objectif d'une lunette, les étoiles acquièrent un disque entouré d'une série d'anneaux lumineux. Si l'on enfonce l'oculaire, le disque de l'étoile augmente de diamètre, et il se produit dans son centre un trou obscur; si on l'enfonce davantage, un point lumineux se substitue au point noir. Un nouvel enfoncement donne naissance à un centre noir, etc. Prenons la lunette lorsque le centre de l'image est noir, et visons à une étoile qui ne scintille pas: le centre restera noir, comme il l'était auparavant. Si au contraire on dirige la lunette à une étoile qui scintille, on verra le centre de l'image lumineux et obscur par intermittence. Dans la position où le centre de l'image est occupé par un point lumineux, on verra ce point disparaître et renaître successivement. Cette disparition ou réapparition du point central est la preuve directe de l'*interférence* variable des rayons. Pour bien concevoir l'absence de lumière au centre de ces images dilatées, il faut se rappeler que les rayons régulièrement réfractés par l'objectif ne se réunissent et ne peuvent par conséquent *interférer* qu'au foyer: par

conséquent les images dilatées que ces rayons peuvent produire, resteraient toujours pleines (sans trou). Si dans une certaine position de l'oculaire un trou se présente au centre de l'image, c'est que les rayons régulièrement réfractés *interférent* avec des rayons *diffractés* sur les bords du diaphragme circulaire. Le phénomène n'est pas constant, parce que les rayons qui interfèrent dans un certain moment, n'interfèrent pas un instant après, lorsqu'ils ont traversé des couches atmosphériques dont le pouvoir réfringent a varié. On trouve dans cette expérience la preuve manifeste du rôle que joue dans le phénomène de la scintillation l'inégale réfrangibilité des couches atmosphériques traversées par les rayons dont le faisceau est très étroit."

„Il résulte de ces considérations que l'explication des scintillations ne peut être rattachée qu'aux phénomènes des *interférences lumineuses*. Les rayons des étoiles, après avoir traversé une atmosphère où il existe des couches inégalement chaudes, inégalement denses, inégalement humides, vont se réunir au foyer d'une lentille, pour y former des images d'intensité et de couleurs perpétuellement changeantes, c'est-à-dire des images telles que la scintillation les présente. Il y a aussi scintillation hors du foyer des lunettes. Les explications proposées par Galilei, Scaliger, Kepler, Descartes, Hooke, Huygens, Newton et John Michell, que j'ai examinées dans un mémoire présenté à l'Institut en 1840 (Comptes rendus T. X, p. 83), sont inadmissibles. Thomas Young, auquel nous devons les premières lois des interférences, a cru inexplicable le phénomène de la scintillation. La fausseté de l'ancienne explication par des vapeurs qui voltigent et déplacent, est dejà prouvée par la circonstance que nous voyons la scintillation des yeux, ce qui supposerait un déplacement d'une minute. Les ondulations du bord du Soleil sont de 4″ à 5″ et peut-être des pièces qui *manquent*, donc encore effet de l'interférence des rayons." (Auszüge aus Handschriften von Arago 1847.)

[24] (S. 63.) „En Arabie," sagt Garcin, „de même qu'à Bender-Abassi, port fameux du Golfe Persique, l'air est parfaitement serein presque toute l'année. Le printemps, l'été et l'automne se passent, sans qu'on y voie la moindre rosée. Dans ces mêmes temps tout le monde couche dehors sur le haut des maisons. Quand on est ainsi couché, il n'est pas possible d'exprimer le plaisir qu'on prend à contempler la beauté du ciel, l'éclat des étoiles. C'est une lumière pure, ferme et éclatante, sans étincellement. Ce n'est qu'au milieu de l'hiver que la Scintillation, quoique très-foible, s'y fait apercevoir."

[25] (S. 63.) Von den Täuschungen sprechend, welche die Geschwindigkeiten des Schalles und des Lichts verlassen, sagt Bacon: „Atque hoc cum similibus nobis quandoque dubitationem

peperit plane monstrosam; videlicet, utrum coeli sereni et stellati facies ad idem tempus cernatur, quando vere existit, an potius aliquanto post; et utrum non sit (quatenus ad visum coelestium) non minus tempus verum et tempus visum, quam locus verus et locus visus, qui notatur ab astronomis in parallaxibus. Adeo incredibile nobis videbatur, species sive radios corporum coelestium, per tam immensa spatia milliarium, subito deferri posse ad visum; sed potius debere eas in tempore aliquo notabili delabi. Verum illa dubitatio (quoad majus aliquod intervallum temporis inter tempus verum et visum) postea plane evanuit, reputantibus nobis . . ." Er nimmt dann, ganz nach Art der Alten, eine eben geäußerte wahre Ansicht wieder zurück.

[26] (S. 63.) S. Aragos Entwickelung seiner Methode im Annuaire du Bureau des Longitudes pour 1842, p. 337 bis 343. „L'observation attentive des phases d'Algol à six mois d'intervalle servira à déterminer directement la vitesse de la lumière de cette étoile. Près du maximum et du minimum le changement d'intensité s'opère lentement; il est au contraire rapide à certaines époques intermédiaires entre celles qui correspondent aux deux états extrêmes, quand Algol, soit en diminuant, soit en augmentant d'éclat, passe par la troisième grandeur."

[27] (S. 63.) Newton, Opticks 2d Ed. (Lond. 1718), p. 325: „Light moves from the Sun to us 7 or 8 minutes of time." Newton vergleicht die Geschwindigkeit des Schalles (1140 feet [348 m] in 1") mit der des Lichtes. Wenn er für die letztere, nach Beobachtungen von Verfinsterungen von Jupiterstrabanten (der Tod des großen Mannes fällt ungefähr ein halbes Jahr vor Bradleys Entdeckung der Aberration), von der Sonne zur Erde 7' 30" rechnet, bei der Annahme von einem Abstand von 70 Millionen englischer Meilen (112650000 km), so durchläuft das Licht in jeder Zeitsekunde 155555 5/9 engl. Meilen (250337 km). Die Reduktion dieser Meilen auf geographische (15 = 1°) ist Schwankungen unterworfen, je nachdem man die Gestalt der Erde verschieden annimmt. Nach Enckes genauen Annahmen im Jahrbuch für 1852 gehen (wenn nach Dove 1 engl. Meile = 5280 engl. Fuß = 4954206 Pariser Fuß) 691637 engl. Meilen auf einen Aequatorialgrad. Für Newtons Angabe folgt demnach eine Lichtgeschwindigkeit von 33736 geographischen Meilen (250436 km). Newton hat aber die Sonnenparallaxe zu 12" angenommen. Ist diese, wie sie Enckes Berechnung des Venusdurchganges gegeben hat, 8,57116", so wird damit die Entfernung größer, und man erhält für die Lichtgeschwindigkeit (bei 7 1/2 Minuten) 47232 geographische Meilen (350482 km) für eine Zeitsekunde; also zu viel, statt vorher zu wenig. Es ist gewiß sehr merkwürdig, und von Delambre nicht bemerkt worden, daß Newton, während die Angaben des Licht-

weges in dem Halbmesser der Erdbahn seit Römers Entdeckung 1675 bis zum Anfang des 18. Jahrhunderts, übertrieben hoch, zwischen 11′ und 14′ 10″ schwankten, vielleicht auf neuere englische Beobachtungen des ersten Trabanten gestützt, der Wahrheit (dem jetzt angenommenen Struvischen Resultate) ungefähr bis auf 47″ nahe kam. Die älteste Abhandlung, in welcher Römer, Picards Schüler, der Akademie seine Entdeckung vortrug, war vom 22. November 1675. Er fand durch 40 Aus- und Eintritte der Jupiterstrabanten „un retardement de lumière de 22 minutes par l'intervalle qui est le double de celui qu'il y a d'ici au Soleil.“ Cassini bestritt nicht die Thatsache der Verlangsamung, aber er bestritt das angegebene Zeitmaß, weil (was sehr irrig ist), verschiedene Trabanten andere Resultate darböten. Du Hamel, der Sekretär der Pariser Akademie gibt, 17 Jahre nachdem Römer Paris verlassen hatte, und doch ihn bezeichnend, 10 bis 11 Minuten an; aber wir wissen durch Peter Horrebow, daß Römer, als er 1704, also 6 Jahre vor seinem Tode, ein eigenes Werk über die Geschwindigkeit des Lichtes herausgeben wollte, bei dem Resultate von 11′ fest beharrte, ebenso Huygens. Ganz anders verfährt Cassini; er findet für den ersten Trabanten 7′ 5″, für den zweiten 14′ 12″, und legte für seine Jupiterstafeln zum Grunde 14′ 10″ pro peragrando diametri semissi. Der Irrtum war also im Zunehmen.

[28] (S. 64.) Ueber die bisherigen Erklärungsversuche der Aberration nach der Undulationstheorie des Lichts s. Doppler in den Abhandl. der Kön. böhmischen Gesellschaft der Wissenschaft, 5. Folge, Bd. III, S. 745 bis 765. Ungemein merkwürdig ist für die Geschichte großer astronomischer Entdeckungen, daß Picard mehr als ein halbes Jahrhundert vor Bradleys eigentlicher Entdeckung und Erklärung der Ursache der Aberration, wahrscheinlich seit 1667, eine wiederkehrende Bewegung des Polarsternes von ungefähr 20″ bemerkt, welche „weder Wirkung der Parallaxe, noch der Refraktion sein könne und in entgegengesetzten Jahreszeiten sehr regelmäßig sei“. Picard war auf dem Wege, die Geschwindigkeit des direkten Lichts früher zu entdecken, als sein Schüler Römer die Geschwindigkeit des reflektierten Lichtes bekannt machte.

[29] (S. 64.) Wenn in dem Annuaire pour 1842, p. 287 die Geschwindigkeit des Lichtes in der Sekunde zu 308000 km oder 77000 lieues (also jede zu 4000 m) geschätzt wird, so steht diese Angabe der neuen Struvischen am nächsten. Sie gibt 41507 geogr. Meilen (308000 km), die der Pulkowaer Sternwarte 41549 (308312 km). Ueber den Unterschied der Aberration des Polarsternes und seines Begleiters, und Struves eigene neuere Zweifel s. Mädler, Astronomie 1849, S. 393. Ein noch größeres Resultat für den Lichtweg von der Sonne zur Erde gibt William Richardson, nämlich 3′ 19,28″, wozu die Geschwindigkeit von 41422 geogr. Meilen (307370 km) gehört.

[30] (S. 65.) Fizeau gibt sein Resultat in lieues an, deren

25 auf einen Aequatorialgrad gehen und welche demnach 4452 m haben; zu 70000 solcher lieues in der Sekunde. In Moignos Répert. d'Optique moderne P. III, p. 1162 ist das Resultat zu 70843 lieues (25 = 1⁰) angegeben, also 42506 geogr. Meilen (315413 km), dem Resultat von Bradley nach Busch am nächsten.

[31] (S. 65.) „D'après la théorie mathématique dans le système des ondes, les rayons de différentes couleurs, les rayons dont les ondulations sont inégales, doivent néanmoins se propager dans l'Éther avec la même vitesse. Il n'y a pas de différence à cet égard entre la propagation des ondes sonores, lesquelles se propagent dans l'air avec la même rapidité. Cette égalité de propagation des ondes sonores est bien établie expérimentalement par la similitude d'effet que produit une musique donnée à toutes distances du lieu où l'on exécute. La principale difficulté, je dirai l'unique difficulté qu'on eût élevée contre le système des ondes, consistait donc à expliquer, comment la vitesse de propagation des rayons de différentes couleurs dans des corps différents pouvait être dissemblable et servir à rendre compte de l'inégalité de réfraction de ces rayons ou de la dispersion. On a montré récemment que cette difficulté n'est pas insurmontable; qu'on peut constituer l'Éther dans les corps inégalement denses de manière que des rayons à ondulations dissemblables s'y *propagent* avec des vitesses inégales; reste à déterminer, si les conceptions des géomètres à cet égard sont conformes à la nature de choses. Voici les amplitudes des ondulations déduites expérimentalement d'une série de faits relatifs aux interférences:

	mm
violet . . .	0,000423
jaune . . .	0,000551
rouge . . .	0,000620.

La vitesse de transmission des rayons de différentes couleurs dans les espaces célestes est la même dans le système des ondes et tout à fait indépendante de l'étendue ou de la vitesse des ondulations.“ Arago, Handschr. von 1849. Vergl. auch Annuaire pour 1842, p. 333 bis 336. — Die Länge der Lichtwelle des Aethers und die Geschwindigkeit der Schwingungen bestimmen den Charakter der Farbenstrahlen. Zum Violett, dem am meisten refrangibeln Strahle, gehören 662, zum Rot, der am wenigsten refrangibeln Strahle (bei größter Wellenlänge), nur 451 Billionen Schwingungen in der Sekunde.

[32] (S. 65.) „J'ai prouvé, il y a bien des années, par des observations directes, que les rayons des étoiles vers lesquelles la Terre marche, et les rayons des étoiles dont la Terre s'éloigne, se réfractent exactement de la même quantité. Un tel résultat ne peut se concilier *avec la théorie de l'émission*

qu'à l'aide d'une addition importante à faire à cette théorie: il faut admettre que les corps lumineux émettent des rayons de toutes les vitesses, et que les seuls rayons d'une vitesse déterminée sont visibles, qu'eux seuls produisent dans l'oeil la sensation de lumière. Dans la théorie de l'émission, le rouge, le jaune, le vert, le bleu, le violet solaires sont respectivement accompagnés de rayons pareils, mais obscurs par défaut ou par excès de vitesse. A plus de vitesse correspond une moindre réfraction, comme moins de vitesse entraîne une réfraction plus grande. Ainsi chaque rayon rouge visible est accompagné de rayons obscurs de la même nature, qui se réfractent les uns plus, les autres moins que lui, ainsi *il existe des rayons dans les stries noires* de la portion rouge du spectre; la même chose doit être admise des stries situées dans les portions jaunes, vertes, bleues et violettes." Arago in den Comptes rendus de l'Acad. des Sciences T. XVI. 1843, p. 404. Nach den Ansichten der Undulationstheorie senden die Gestirne Wellen von unendlich verschiedenen transversalen Oszillationsgeschwindigkeiten aus.

[33] (S. 65.) Wheatstone in den Philos. Transact. of the Royal Soc. for 1834, p. 589 und 591. Aus den in dieser Abhandlung beschriebenen Versuchen scheint zu folgen, daß das menschliche Auge fähig ist, Lichterscheinungen zu empfinden (p. 591), „deren Dauer auf ein Millionenteilchen einer Sekunde eingeschränkt ist". Ueber die im Texte erwähnte Hypothese, nach welcher das Sonnenlicht unserem Polarlicht analog ist, s. Sir John Herschel, Results of Astron. Observ. at the Cape of Good Hope 1847, p. 351. Der scharfsinnigen Anwendung eines durch Breguet vervollkommneten Wheatstoneschen Drehungsapparats, um zwischen der Emissions- und Undulationstheorie zu entscheiden, da nach der ersteren das Licht schneller, nach der zweiten langsamer durch Wasser als durch Luft geht, hat Arago schon erwähnt.

[34] (S. 67.) Noch neuere sinnreiche Versuche von Mitchel, Direktor der Sternwarte von Cincinnati und von Fizeau und Gounelle zu Paris (April 1850) entfernen sich zugleich von Wheatstones und Walkers Resultaten. Auffallende Unterschiede von Leitung durch Eisen und Kupfer zeigen die Versuche in den Comptes rendus T. XXX, 1850, p. 439.

[35] (S. 67.) Ueber die Nichtleitung des zwischenliegenden Erdreichs s. die wichtigen Versuche von Guillemin sur le courant dans une pile isolée et sans communication entre les pôles in den Compt. rendus T. XXIX, 1849, p. 521. „Quand on remplace un fil par la terre dans les télégraphes électriques, la terre sert plutôt de réservoir commun que de moyen d'union entre les deux extrémités du fil."

[36] (S. 67.) Laplace nach Moigno, Répertoire

d'Optique moderne 1847, T. I, p. 72: „Selon la théorie de l'émission on croit pouvoir démontrer que si le diamètre d'une étoile fixe serait 250 fois plus grand que celui du soleil, sa densité restant la même, l'attraction exercée à sa surface détruirait la quantité de mouvement de la molécule lumineuse émise, de sorte qu'elle serait invisible à de grandes distances.“ Wenn man dem Arcturus mit William Herschel einen scheinbaren Durchmesser von 0,1″ zuschreibt, so folgt aus dieser Annahme, daß der wirkliche Durchmesser dieses Sterns nur 11mal größer ist als der unserer Sonne. Nach der obigen Betrachtung über eine der Ursachen des Nichtleuchtens würde bei sehr verschiedenen Dimensionen der Weltkörper die Lichtgeschwindigkeit verschieden sein müssen, was bisher durch die Beobachtung keineswegs bestätigt ist. (Arago in den Comptes rendus T. VIII, 1839, p. 326: „Les expériences sur l'égale déviation prismatique des étoiles vers lesquelles la terre marche ou dont elle s'éloigne, rend compte de l'égalité de vitesse apparente des rayons de toutes les étoiles.“)

[37] (S. 68.) Die Beschreibung unterscheidet unter den Sternen λαμπροὺς (μεγάλους) und ἀμαυροὺς. Ebenso Ptolemäus; bei ihm beziehen sich οἱ ἀμόρφωτοι nur auf die Sterne, welche nicht förmlich zu einem Sternbilde gehören.

[38] (S. 69.) Ptol. Almag. und in Eratosth. Catast.: ἡ δε κεφαλὴ καὶ ἡ ἅρπη ἄναπτος ὁρᾶται, διὰ δὲ νεφελώδους συστροφῆς δοκεῖ τισιν ὁρᾶσθαι. Ebenso Geminus, Phaenom.

[39] (S. 69.) Einige Handschriften des Almagest deuten auch auf solche Unterabteilungen oder Zwischenklassen hin, da sie den Größenbestimmungen die Wörter μείζων oder ἐλάσσων zufügen. Tycho drückte diese Mehrung und Minderung durch Punkte aus.

[40] (S. 70.) Das ist die Anwendung des Spiegelsextanten zur Bestimmung der Lichtstärke der Sterne, dessen ich mich mehr noch als der Diaphragmen, die mir Borda empfohlen hatte, unter den Tropen bedient habe. Ich begann die Arbeit unter dem schönen Himmel von Cumana und setzte sie später in der südlichen Hemisphäre, unter weniger günstigen Verhältnissen, auf der Hochebene der Andes und dem Südseeufer bei Guayaquil bis 1803 fort. Ich hatte mir eine willkürliche Skale gebildet, in der ich Sirius als den glänzendsten aller Fixsterne = 100 setzte; die Sterne 1. Größe zwischen 100 und 80, die 2. Größe zwischen 80 und 60, die 3. Größe zwischen 60 und 45, die 4. Größe zwischen 45 und 30, die 5. Größe zwischen 30 und 20. Ich musterte besonders die Sternbilder des Schiffes und des Kranichs, in denen ich seit La Cailles Zeit Veränderungen zu finden glaubte. Mir schien, nach sorgfältigen Kombinationen der Schätzung und andere Sterne als Mittelstufen benutzend, Sirius so viel lichtstärker als Canopus, wie α Centauri lichtstärker ist als Achernar. Meine Zahlen können wegen der oben erwähnten Klassifikation

keineswegs unmittelbar mit denen verglichen werden, welche Sir John Herschel schon seit 1838 bekannt gemacht hat. (Siehe Lettre de Mr. de Humboldt à Mr. Schumacher en févr. 1839, in den Astr. Nachr. Nr. 374.) In diesem Briefe heißt es: „Mr. Arago, qui possède des moyens photométriques entièrement différents de ceux qui ont été publiés jusqu'ici, m'avait rassuré sur la partie des erreurs qui pouvaient provenir du changement d'inclinaison d'un miroir entamé sur la face intérieure. Il blâme d'ailleurs le principe de ma méthode et le regarde comme peu susceptible de perfectionnement, non seulement à cause de la différence des angles entre l'étoile vue directement et celle qui est amenée par réflexion, mais surtout parce que le résultat de la mesure d'intensité dépend de la partie de l'oeil qui se trouve en face de l'oculaire. Il y a erreur lorsque la pupille n'est pas très exactement à la hauteur de la limite inférieure de la portion non entamée du petit miroir."

[41] (S. 70.) Mit dem Photometer von Steinheil hat Seidel 1846 die Lichtquantitäten mehrerer Sterne 1. Größe, welche in unseren nördlichen Breiten in hinreichender Höhe erscheinen, zu bestimmen versucht. Er setzt Wega = 1, und findet dann: Sirius 5,13; Rigel, dessen Glanz im Zunehmen sein soll, 1,30; Arcturus 0, 84; Capella 0,83; Procyon 0,71; Spica 0,49; Atair 0,40; Aldebaran 0,36; Deneb 0,35; Regulus 0,34; Pollux 0,30. Beteigeuze fehlt, weil er veränderlich ist, wie sich besonders zwischen 1836 und 1839 gezeigt hat.

[42] (S. 71.) Um die bisher übliche konventionelle Sprache (die alte Klasseneinteilung nach Größen) zu vervollkommnen, ist in den Outlines of Astronomie p. 645 der vulgar Scale of Magnitudes, die am Ende dieses Abschnittes mit Verbindung der nördlichen und südlichen Sterne eingeschaltet werden soll, eine Scale of photometric Magnitudes beigefügt, bloß durch Addition von 0,41.

[43] (S. 71.) Seither hat sich das Zöllnersche Photometer, welches gleichzeitig ein Kolorimeter ist, als besonders zweckmäßig bewährt. Mit ihm und anderen Photometern ist die relative Helligkeit einer großen Anzahl von Sternen gemessen worden. — [D. Herausg.]

[44] (S. 72.) Wollastons Vergleichung des Sonnen- und Mondlichts ist von 1799 und auf Schatten und Kerzenlicht gegründet, während daß in den Versuchen mit Sirius 1826 und 1827 von einer Glaskugel reflektierte Bilder angewandt wurden. Die früheren Angaben der Intensität der Sonne im Verhältnis zum Monde weichen sehr von dem hier gegebenen Resultate ab. Sie waren bei Michell und Euler aus theoretischen Gründen 450000 und 374000, bei Bouguer nach Messungen von Schatten der Kerzenlichte gar nur 300000. Lambert will, daß Venus in ihrer größten Lichtstärke

3000mal schwächer als der Vollmond sei. Nach Steinheil müßte die Sonne 3 286 500mal weiter entfernt werden, als sie es jetzt ist, um dem Erdbewohner wie Arctur zu erscheinen, und Arctur hat nach John Herschel für uns nur die halbe Lichtstärke von Canopus. Alle diese Intensitätsverhältnisse, besonders die wichtige Vergleichung der Lichtstärke von Sonne, Vollmond und dem nach Stellung zur reflektierenden Erde so verschiedenen, aschfarbigen Lichte unseres Trabanten, verdienen eine endliche, viel ernstere Untersuchung.

[45] (S. 73.) Extrait d'une Lettre de Mr. Arago à Mr. de Humboldt (mai 1850).

a) Mesures photométriques.

„Il n'existe pas de Photomètre proprement dit, c'est-à-dire d'instrument donnant l'intensité d'une lumière isolée: le Photomètre de Leslie, à l'aide duquel il avait eu l'audace de vouloir comparer la lumière de la lune à la lumière du soleil, par des actions calorifiques, est complètement défectueux. J'ai prouvé, en effet, que ce prétendu Photomètre monte quand on l'expose à la lumière du soleil, qu'il descend sous l'action de la lumière du feu ordinaire, et qu'il reste complètement stationnaire lorsqu'il reçoit la lumière d'une lampe d'Argand. Tout ce qu'on a pu faire jusqu'ici, c'est de comparer entr'elles deux lumières en présence, et cette comparaison n'est même à l'abri de toute objection que lorsqu'on ramène ces deux lumières à l'égalité par un affaiblissement graduel de la lumière la plus forte. C'est comme criterium de cette égalité que j'ai employé les anneaux colorés. Si on place l'une sur l'autre deux lentilles d'un long foyer, il se forme autour de leur point de contact des anneaux colorés tant par voie de réflexion que par voie de transmission. Les anneaux réfléchis sont complémentaires en couleurs des anneaux transmis: ces deux séries d'anneaux se neutralisent mutuellement quand les deux lumières qui les forment et qui arrivent simultanément sur les deux lentilles, sont égales entr'elles."

„Dans le cas contraire on voit des traces ou d'anneaux réfléchis ou d'anneaux transmis, suivant que la lumière qui forme les premiers, est plus forte ou plus faible que la lumière à laquelle on doit les seconds. C'est dans ce sens seulement que les anneaux colorés jouent un rôle dans les mesures de la lumière auxquelles je me suis livré."

b) Cyanomètre.

„Mon cyanomètre est une extension de mon polariscope. Ce dernier instrument, comme tu sais, se compose d'un tube fermé à l'une de ses extrémités par une plaque de cristal de roche perpendiculaire à l'axe, de 5 millimètres d'épaisseur; et d'un prisme doué de la double réfraction, placé du coté de l'oeil. Parmi les couleurs variées que donne cet appareil,

lorsque de la lumière polarisée le traverse, et qu'on fait tourner le prisme sur lui-même, se trouve par un heureux hasard la nuance du bleu de ciel. Cette couleur bleue fort affaiblie, c'est-à-dire très mélangée de blanc lorsque la lumière est presque neutre, augmente d'intensité — progressivement à mesure que les rayons qui pénètrent dans l'instrument, renferment une plus grande proportion de rayons polarisés."

„Supposons donc que le polariscope soit dirigé sur une feuille de papier blanc; qu'entre cette feuille et la lame de cristal de roche il existe une pile de plaques de verre susceptible de changer d'inclinaison, ce qui rendra la lumière éclairante du papier plus ou moins polarisée; la couleur bleue fournie par l'instrument va en augmentant avec l'inclinaison de la pile, et l'on s'arrète lorsque cette couleur paraît la même que celle de la région de l'atmosphère dont on veut déterminer la teinte cyanométrique, et qu'on regarde à l'oeil nu immédiatement à côté de l'instrument. La mesure de cette teinte est donnée par l'inclinaison de la pile. Si cette dernière partie de l'instrument se compose du même nombre de plaques et d'une même espèce de verre, les observations faites dans divers lieux seront parfaitement comparables entr'elles."

[46] (S. 73.) Argelander de fide Uranometriae Bayerie 1842, p. 14—23. „In eadem classe littera prior majorem splendorum nullo modo indicat" (§ 9). Durch Bayer ist demnach gar nicht erwiesen, daß Castor 1603 lichtstärker gewesen sei als Pollux.

Photometrische Reihung der Fixsterne.

Ich beschließe diesen zweiten Abschnitt mit einer Tafel, welche den Outlines of Astronomy von Sir John Herschel, p. 645 und 646, entnommen ist. Ich verdanke die Zusammenstellung und lichtvolle Erläuterung derselben meinem gelehrten Freunde, Herrn Dr. Galle, und lasse einen Auszug seines an mich gerichteten Briefes (März 1850) hier folgen:

„Die Zahlen der photometric scale in den Outlines of Astronomy sind Rechnungsresultate aus der vulgar scale, mittels durchgängiger Addition von 0,41 erhalten. Zu diesen genaueren Größenbestimmungen der Sterne ist der Verf. durch beobachtete Reihenfolgen (sequences) ihrer Helligkeit und Verbindung dieser Beobachtungen mit den durchschnittlichen gewöhnlichen Größenangaben gelangt, wobei insbesondere die Angaben des Katalogs der Astronomical Society vom Jahre 1827 zu Grunde gelegt sind (p. 305). Die eigentlichen photometrischen Messungen mehrerer Sterne mittels des Astrometers sind bei dieser Tafel nicht unmittelbar benutzt, sondern haben nur im allgemeinen gedient, um zu sehen, wie die gewöhnliche Scale (1., 2., 3. . . . Größe) sich zu den wirklichen Lichtquantitäten der einzelnen Sterne verhält. Dabei hat sich denn das allerdings merkwürdige Resultat gefunden, daß unsere gewöhnlichen Sterngrößen (1., 2., 3. . . .) ungefähr so abnehmen, wie wenn man einen Stern 1. Größe nach und nach in die Entfernungen 1., 2., 3. . . . brächte, wodurch seine Helligkeit nach photometrischem Gesetz die Werte 1, $^1/_4$, $^1/_9$, $^1/_{16}$ . . . erlangen würde; um aber die Uebereinstimmung noch größer zu machen, sind unsere bisherigen Sterngrößen nur um etwa eine halbe Größe (genauer 0,41) zu erhöhen, so daß ein Stern 2,00. Größe künftig 2,41. Größe genannt wird, ein Stern 2,5. Größe künftig 2,91. Größe u. s. w. Sir John Herschel schlägt daher diese „photometrische“ (erhöhte) Skale zur Annahme vor, welchem Vorschlage man wohl nur beistimmen kann. Denn einesteils ist der Unterschied von der gewöhnlichen Skale kaum merklich (would hardly be felt, Kapreise, p. 372); andernteils kann die Tafel, Outlines p. 645 flgd., bis zur 4. Größe hinab als Grundlage bereits dienen, und die Größenbestimmung der Sterne nach dieser Regel — daß nämlich die Helligkeiten der Sterne 1., 2., 3., 4. . . . Größe sich genau wie 1, $^1/_4$, $^1/_9$, $^1/_{16}$ . . . verhalten sollen,

was sie näherungsweise schon jetzt thun — ist demnach zum Teil bereits ausführbar. Als Normalstern 1. Größe für die photometric scale und als Einheit der Lichtmenge wendet Sir John Herschel α Centauri an. Wenn man demnach die photometrische Größe eines Sterns quadriert, hat man das umgekehrte Verhältnis seiner Lichtmenge zu der von α Centauri. So z. B. hat κ Orionis die photometrische Größe 3, enthält daher 1/9 soviel Licht als α Centauri. Zugleich würde die Zahl 3 anzeigen, daß κ Orionis 3mal weiter von uns entfernt ist, als α Centauri, wenn beide Sterne gleich große und gleich helle Körper sind. Bei der Wahl eines anderen Sternes, z. B. des 4fach helleren Sirius, als Einheit der die Entfernungen andeutenden photometrischen Größen würde sich die erwähnte Gesetzmäßigkeit nicht so einfach erkennen lassen. Auch ist es nicht ohne Interesse, daß von α Centauri die Entfernung mit Wahrscheinlichkeit bekannt und daß dieselbe von den bis jetzt untersuchten die kleinste ist. — Die mindere Zweckmäßigkeit anderer Skalen als der photometrischen (welche nach den Quadraten fortschreitet: 1, 1/4, 1/9, 1/16 . . .) behandelt der Verfasser in den Outlines p. 521. Er erwähnt daselbst geometrische Progressionen, z. B. 1, 1/2, 1/4, 1/8, . . . oder 1, 1/3, 1/9, 1/27 . . . Nach Art einer arithmetischen Progression schreiten die von Ihnen in den Beobachtungen unter dem Aequator während Ihrer amerikanischen Expedition gewählten Abstufungen fort. Alle diese Skalen schließen sich der vulgar scale weniger an als die photometrische (quadratische) Progression. — In der beigefügten Tafel sind die 190 Sterne der Outlines, ohne Rücksicht auf südliche oder nördliche Deklination, nur nach den Größen geordnet."

Verzeichnis von 190 Sternen 1. bis 3. Größe, nach den Bestimmungen von Sir John Herschel geordnet, und mit genauerer Angabe sowohl der gewöhnlichen Größe als der von demselben vorgeschlagenen Einteilung nach photometrischer Größe.

Sterne 1. Größe					
Stern	gew.	phot.	Stern	gew.	phot.
Sirius	0,08	0,49	α Orionis	1,0:	1,43
η Argus (Var.)	—	—	α Eridani	1,09	1,50
Canopus	0,29	0,70	Aldebaran	1,1:	1,5:
α Centauri	0,59	1,00	β Centauri	1,17	1,58
Arcturus	0,77	1,18	α Crucis	1,2	1,6
Rigel	0,82	1,23	Antares	1,2	1,6
Capella	1,0:	1,4:	α Aquilae	1,28	1,69
α Lyrae	1,0:	1,4:	Spica	1,38	1,70
Procyon	1,0:	1,4:			

Sterne 2. Größe

Stern	gew.	phot.	Stern	gew.	phot.
Fomalhaut	1,54	1,95	α Triang. austr.	2,23	2,64
β Crucis	1,57	1,98	ε Sagittarii	2,26	2,67
Pollux	1,6:	2,0:	β Tauri	2,28	2,69
Regulus	1,6:	2,0:	Polaris	2,28	2,69
α Gruis	1,66	2,07	ϑ Scorpii	2,29	2,70
γ Crucis	1,73	2,14	α Hydrae	2,30	2,71
ε Orionis	1,84	2,25	δ Canis	2,32	2,73
ε Canis	1,86	2,27	α Pavonis	2,33	2,74
λ Scorpii	1,87	2,28	γ Leonis	2,34	2,75
α Cygni	1,90	2,31	β Gruis	2,36	2,77
Castor	1,94	2,35	α Arietis	2,40	2,81
ε Ursae (Var.)	1,95	2,36	σ Sagittarii	2,41	2,82
α Ursae (Var.)	1,96	2,37	δ Argus	2,42	2,83
ζ Orionis	2,01	2,42	ζ Ursae	2,43	2,84
β Argus	2,03	2,44	β Andromedae	2,45	2,86
α Persei	2,07	2,48	β Ceti	2,46	2,87
γ Argus	2,08	2,49	λ Argus	2,46	2,87
ε Argus	2,18	2,59	β Aurigae	2,48	2,89
η Ursae (Var.)	2,18	2,59	γ Andromedae	2,50	2,91
γ Orionis	2,18	2,59			

Sterne 3. Größe

Stern	gew.	phot.	Stern	gew.	phot.
γ Cassiopeiae	2,52	2,93	α Pegasi	2,65	3,06
α Andromedae	2,54	2,95	β Pegasi	2,65	3,06
ϑ Centauri	2,54	2,95	γ Centauri	2,68	3,09
α Cassiopeiae	2,57	2,98	α Coronae	2,69	3,10
β Canis	2,58	2,99	γ Ursae	2,71	3,12
ϰ Orionis	2,59	3,00	ε Scorpii	2,71	3,12
γ Geminorum	2,59	3,00	ζ Argus	2,72	3,13
δ Orionis	2,61	3,02	β Ursae	2,77	3,18
Algol (Var.)	2,62	3,03	α Phoenicis	2,78	3,19
ε Pegasi	2,62	3,03	ι Argus	2,80	3,21
γ Draconis	2,62	3,03	ε Bootis	2,80	3,21
β Leonis	2,63	3,04	α Lupi	2,82	3,23
α Ophiuchi	2,63	3,04	ε Centauri	2,82	3,23
β Cassiopeiae	2,63	3,04	η Canis	2,85	3,26
γ Cygni	2,63	3,04	β Aquarii	2,85	3,26

Sterne 3. Größe

Stern	gew.	phot.	Stern	gew.	phot.
δ Scorpii	2,86	3,27	α Can. ven.	3,22	3,63
ε Cygni	2,88	3,29	β Ophiuchi	3,23	3,64
η Ophiuchi	2,89	3,30	δ Cygni	3,24	3,65
γ Corvi	2,90	3,31	ε Persei	3,26	3,67
α Cephei	2,90	3,31	η Tauri?	3,26	3,67
η Centauri	2,91	3,32	β Eridani	3,26	3,67
α Serpentis	2,92	3,33	ϑ Argus	3,26	3,67
δ Leonis	2,94	3,35	β Hydri	3,27	3,68
κ Argus	2,94	3,35	ζ Persei	3,27	3,68
β Corvi	2,95	3,36	ζ Herculis	3,28	3,69
β Scorpii	2,96	3,37	ε Corvi	3,28	3,69
ζ Centauri	2,96	3,37	ι Aurigae	3,29	3,70
ζ Ophiuchi	2,97	3,38	γ Urs. min.	3,30	3,71
α Aquarii	2,97	3,38	η Pegasi	3,31	3,72
π Argus	2,98	3,39	β Arae	3,31	3,72
γ Aquilae	2,98	3,39	α Toucani	3,32	3,73
δ Cassiopeiae	2,99	3,40	β Capricorni	3,32	3,73
δ Centauri	2,99	3,40	ρ Argus	3,32	3,73
α Leporis	3,00	3,41	ζ Aquilae	3,32	3,73
δ Ophiuchi	3,00	3,41	β Cygni	3,33	3,74
ζ Sagittarii	3,01	3,42	γ Persei	3,34	3,75
η Bootis	3,01	3,42	μ Ursae	3,35	3,76
η Draconis	3,02	3,43	β Triang. bor.	3,35	3,76
π Ophiuchi	3,05	3,46	π Scorpii	3,35	3,76
β Draconis	3,06	3,47	β Leporis	3,35	3,76
β Librae	3,07	3,48	γ Lupi	3,36	3,77
γ Virginis	3,08	3,49	δ Persei	3,36	3,77
μ Argus	3,08	3,49	ψ Ursae	3,36	3,77
β Arietis	3,09	3,50	ε Aurigae(Var.)	3,37	3,78
γ Pegasi	3,11	3,52	υ Scorpii	3,37	3,78
δ Sagittarii	3,11	3,52	ι Orionis	3,37	3,78
α Librae	3,12	3,53	γ Lyncis	3,39	3,80
λ Sagittarii	3,13	3,54	ζ Draconis	3,40	3,81
β Lupi	3,14	3,55	α Arae	3,40	3,81
ε Virginis?	3,14	3,55	π Sagittarii	3,40	3,81
α Columbae	3,15	3,56	π Herculis	3,41	3,82
ϑ Aurigae	3,17	3,58	β Can. min.?	3,41	3,82
β Herculis	3,18	3,59	ζ Tauri	3,42	3,83
ι Centauri	3,20	3,61	δ Draconis	3,42	3,83
δ Capricorni	3,20	3,61	μ Geminorum	3,42	3,83
δ Corvi	3,22	3,63	γ Bootis	3,43	3,84

Sterne 3. Größe					
Stern	gew.	phot.	Stern	gew.	phot.
ε Geminorum	3,43	3,84	β Triang.austr.	3,46	3,87
α Muscae	3,43	3,84	ι Ursae	3,46	3,87
α Hydri?	3,44	3,85	η Aurigae	3,46	3,87
τ Scorpii	3,44	3,85	γ Lyrae	3,47	3,88
δ Herculis	3,44	3,85	η Geminorum	3,48	3,89
δ Geminorum	3,44	3,85	γ Cephei	3,48	3,89
q Orionis	3,45	3,86	κ Ursae	3,49	3,90
β Cephei	3,45	3,86	ε Cassiopeiae	3,49	3,90
ϑ Ursae	3,45	3,86	ϑ Aquilae	3,50	3,91
ζ Hydrae	3,45	3,86	σ Scorpii	3,50	3,91
γ Hydrae	3,46	3,87	τ Argus	3,50	3,91

„Noch könnte auch folgende kleine Tafel der Lichtmenge von 17 Sternen 1. Größe (wie solche aus den photometrischen Größen folgt) von einigem Interesse sein:

Sirius	4,165
η Argus	—
Canopus	2,041
α Centauri	1,000
Arcturus	0,718
Rigel	0,661
Capella	0,510
α Lyrae	0,510
Procyon	0,510
α Orionis	0,489
α Eridani	0,444
Aldebaran . . .	0,444
β Centauri	0,401
α Crucis	0,391
Antares	0,391
α Aquilae	0,350
Spica	0,312

sowie die Lichtmenge derjenigen Sterne, die genau 1., 2. . . . 6. Größe sind:

Größe nach der gew. Skale	Lichtmenge
1,00	0,500
2,00	0,172
3,00	0,086
4,00	0,051
5,00	0,034
6,00	0,024

wobei die Lichtmenge von α Centauri durchgängig die Einheit bildet.“

III.

Zahl, Verteilung und Farbe der Fixsterne. — Sternhaufen (Sternschwärme). — Milchstraße, mit wenigen Nebelflecken gemengt.

Es ist schon in dem ersten Abschnitt dieser fragmentarischen Astrognosie an eine zuerst von Olbers angeregte Betrachtung erinnert worden. Wenn das ganze Himmelsgewölbe mit hintereinander liegenden, zahllosen Sternschichten, wie mit einem allverbreiteten Sternteppich, bedeckt wäre, so würde bei ungeschwächtem Lichte im Durchgange durch den Weltraum die Sonne nur durch ihre Flecke, der Mond als eine dunklere Scheibe, aber kein einzelnes Sternbild der allgemeinen Helligkeit wegen erkennbar sein. An einen in Hinsicht auf die Ursache der Erscheinung ganz entgegengesetzten, aber dem menschlichen Wissen gleich nachteiligen Zustand des Himmelsgewölbes bin ich vorzugsweise in der peruanischen Ebene zwischen der Südseeküste und der Andeskette lebhaft erinnert worden. Ein dichter Nebel bedeckt dort mehrere Monate lang das Firmament. Man nennt diese Jahreszeit le tiempo de la garua. Kein Planet, keiner der schönsten Sterne der südlichen Hemisphäre, nicht Canopus oder das Kreuz oder die Füße des Centauren, sind sichtbar. Man errät oft kaum den Ort des Mondes. Ist zufällig bei Tage einmal der Umriß der Sonnenscheibe zu erkennen, so erscheint dieselbe strahlenlos wie durch gefärbte Blendgläser gesehen; gewöhnlich gelbrot, bisweilen weiß, am seltensten blaugrün. Der Schiffer, von den kalten Südströmungen des Meeres getrieben, verkennt dann die Küste und segelt, aller Breitenbeobachtungen entbehrend, bei den Häfen vorüber, in welche er einlaufen soll. Eine Inklinationsnadel allein könnte ihn, bei der dortigen Richtung der magnetischen Kurven, vor Irrtum bewahren, wie ich an einem anderen Orte gezeigt habe.

Bouguer und sein Mitarbeiter Don Jorge Juan haben lange vor mir über „Perus unastronomischen Himmel" Klage geführt. Eine ernstere Betrachtung knüpft sich noch an diese lichtraubende, jeder elektrischen Entladung unfähige, blitz- und donnerlose Dunstschicht an, über welche frei und unbewölkt die Kordilleren ihre Hochebenen und schneebedeckten Gipfel erheben. Nach dem, was uns die neuere Geologie über die alte Geschichte unseres Luftkreises vermuten läßt, muß sein primitiver Zustand in Mischung und Dichte dem Durchgange des Lichts nicht günstig gewesen sein. Wenn man nun der vielfachen Prozesse gedenkt, welche in der Urwelt die Scheidung des Festen, des Flüssigen und Gasförmigen um die Erdrinde mögen bewirkt haben, so kann man sich nicht des Gedankens erwehren, wie nahe die Menschheit der Gefahr gewesen ist, von einer undurchsichtigeren, manchen Gruppen der Vegetation wenig hinderlichen, aber die ganze Sternendecke verhüllenden Atmosphäre umgeben zu sein. Alle Kenntnis des Weltbaues wäre dann dem Forschungsgeiste entzogen geblieben. Außer uns schiene nichts Geschaffenes vorhanden zu sein als vielleicht Mond und Sonne. Wie ein isoliertes Dreigestirn würden scheinbar Sonne, Mond und Erde allein den Weltraum füllen. Eines großartigen, ja des erhabensten Teils seiner Ideen über den Kosmos beraubt, würde der Mensch aller der Anregungen entbehren, die ihn zur Lösung wichtiger Probleme seit Jahrhunderten unablässig geleitet und einen so wohlthätigen Einfluß auf die glänzendsten Fortschritte in den höheren Kreisen mathematischer Gedankenentwickelung ausgeübt haben. Ehe zur Aufzählung dessen übergegangen wird, was bereits errungen worden ist, gedenkt man gern der Gefahr, der die geistige Ausbildung unseres Geschlechts entgangen ist, der physischen Hindernisse, welche dieselbe unabwendbar hätten beschränken können.

In der Betrachtung der Zahl der Weltkörper, welche die Himmelsräume füllen, sind drei Fragen zu unterscheiden: Wie viel Fixsterne werden mit bloßen Augen gesehen? Wie viele von diesen sind allmählich mit ihren Ortsbestimmungen (nach Länge und Breite, oder nach ihrer geraden Aufsteigung und Abweichung) in Verzeichnisse gebracht? Welches ist die Zahl der Sterne von 1. bis 9. und 10. Größe, die durch Fernröhren am ganzen Himmel gesehen werden? Diese drei Fragen können, nach dem jetzt vorliegenden Material der Beobachtung, wenigstens annäherungsweise beantwortet werden. Anderer

Art sind die bloßen Vermutungen, welche, auf Sterneichungen einzelner Teile der Milchstraße gegründet, die theoretische Lösung der Frage berühren: wie viele Sterne würden durch Herschels 20füßiges Teleskop am ganzen Himmel unterschieden werden? das Sternenlicht mit eingerechnet, von dem man glaubt, „daß es 2000 Jahre braucht, um zu uns zu gelangen".

Die numerischen Angaben, welche ich über diesen Gegenstand hier veröffentlichte, gehören besonders in den Endresultaten meinem verehrten Freunde Argelander, Direktor der Sternwarte zu Bonn. Ich habe den Verfasser der „Durchmusterung des nördlichen Himmels" aufgefordert, die bisherigen Ergebnisse der Sternkataloge von neuem aufmerksam zu prüfen. Die Sichtbarkeit der Sterne mit bloßen Augen erregt in der letzten Klasse bei organischer Verschiedenheit der individuellen Schätzungen mancherlei Ungewißheit, weil Sterne 6. bis 7. Größe sich unter die 6. Größe gemengt finden. Als Mittelzahl erhält man, durch vielfache Kombinationen, 5000 bis 5800 für die dem unbewaffneten Auge am ganzen Himmel sichtbaren Sterne.[1] Die Verteilung der Fixsterne nach Verschiedenheit der Größen bestimmt Argelander,[2] bis zur 9. Größe hinabsteigend, ungefähr in folgendem Verhältnis:

1. Gr.	2. Gr.	3. Gr.	4. Gr.	5. Gr.
20	65	190	425	1100

6. Gr.	7. Gr.	8. Gr.	9. Gr.
3200	13 000	40 000	142 000

Die Zahl der dem unbewaffneten Auge deutlich erkennbaren Sternenmenge (über dem Horizont von Berlin 4022, über dem von Alexandrien 4638) scheint auf den ersten Blick auffallend gering.[3] Wenn man den mittleren Mondhalbmesser zu 15, 33,5" annimmt, so bedecken 195 291 Vollmondflächen den ganzen Himmel. Bei der Annahme gleichmäßiger Verteilung und der runden Zahl von 200 000 Sternen aus den Klassen 1. bis 9. Größe findet man demnach ungefähr einen dieser Sterne für eine Vollmondfläche. Eben dieses Resultat erklärt aber auch, wie unter einer bestimmten Breite der Mond nicht häufiger dem bloßen Auge sichtbare Sterne bedeckt. Wollte man die Vorausberechnung der Sternbedeckungen bis zur 9. Größe ausdehnen, so würde durchschnittlich nach Galle alle 44' 30" eine Sternbedeckung eintreffen; denn in dieser Zeit bestreicht der Mond jedesmal eine neue Fläche am Himmel, die seiner eigenen Fläche gleich ist. Sonderbar, daß Plinius,

der gewiß Hipparchs Sternverzeichnis kannte, und der es ein kühnes Unternehmen nennt, „daß Hipparch der Nachwelt den Himmel wie zur Erbschaft hinterlassen wollte", an dem schönen italienischen Himmel nur erst 1600 sichtbare Sterne zählte![4] Er war jedoch in dieser Schätzung schon tief zu den Sternen 5. Größe herabgestiegen, während ein halbes Jahrhundert später Ptolemäus nur 1025 Sterne bis zu der 6. Klasse verzeichnete.

Seitdem man die Fixsterne nicht mehr bloß nach den Sternbildern aufzählte, denen sie angehörten, sondern sie nach ihren Beziehungen auf die großen Kreise des Aequators oder der Ekliptik, also nach Ortsbestimmungen, in Verzeichnisse eingetragen hat, ist der Zuwachs dieser Verzeichnisse wie ihre Genauigkeit von den Fortschritten der Wissenschaft und der Vervollkommnung der Instrumente abhängig gewesen. Von Timocharis und Aristyllus (283 vor Chr.) ist kein Sternkatalog auf uns gekommen; aber wenn sie auch, wie Hipparch in seinem, im siebenten Buche des Almagest (cap. 3 pag. 15 Halma) citierten Fragmente „über die Jahreslänge" sich ausdrückt, ihre Beobachtungen sehr roh (πάνυ ὁλοσχερῶς) anstellten, so kann doch kein Zweifel sein, daß beide die Abweichung vieler Sterne bestimmten und daß diese Bestimmungen der Fixsterntafel Hipparchs um fast anderthalb Jahrhunderte vorhergingen. Hipparch soll bekanntlich (wir haben aber für diese Thatsache das alleinige Zeugnis des Plinius) durch die Erscheinung eines neuen Sternes zu Ortsbestimmungen und Durchmusterung des ganzen Firmaments angeregt worden sein. Ein solches Zeugnis ist mehrmals für den Nachhall einer spät erdichteten Sage erklärt worden. Es muß allerdings auffallen, daß Ptolemäus derselben gar nicht erwähnt; aber unleugbar ist es doch, daß die plötzliche Erscheinung eines hellleuchtenden Sternes in der Kassiopeia (November 1572) Tycho zu seiner großen Katalogisierung der Sterne veranlaßte. Nach einer scharfsinnigen Vermutung von Sir John Herschel könnte ein 134 Jahre vor unserer Zeitrechnung im Monat Julius (laut den chinesischen Annalen unter der Regierung von Wou-ti aus der Han-Dynastie) im Skorpion erschienener neuer Stern wohl der sein, dessen Plinius erwähnt hat. Seine Erscheinung fällt gerade 6 Jahre vor die Epoche, zu der (nach Idelers Untersuchungen) Hipparch sein Sternverzeichnis anfertigte. Der den Wissenschaften so früh entrissene Eduard Biot hat diese Himmelsbegebenheit in

der berühmten Sammlung des Ma=tuan=lin aufgefunden, welche alle Erscheinungen der Kometen und sonderbaren Sterne zwischen den Jahren 613 vor Chr. und 1222 nach Chr. enthält.

Das dreiteilige Lehrgedicht des Aratus,[5] dem wir die einzige Schrift des Hipparch verdanken, welche auf uns gekommen ist, fällt ungefähr in die Zeit des Eratosthenes, des Timocharus und Aristyllus. Der astronomische, nicht meteorologische Teil des Gedichts gründet sich auf die Himmelsbeschreibung des cnidischen Eudoxus. Die Sterntafel des Hipparch selbst ist uns leider nicht erhalten; sie machte nach Ideler[6] wahrscheinlich den wesentlichsten Bestandteil seines von Suidas citierten Werkes über die Anordnung des Fixsternhimmels und die Gestirne aus, und enthielt 1080 Positionen für das Jahr 128 vor unserer Zeitrechnung. In Hipparchs Kommentar zum Aratus sind alle Positionen, wahrscheinlich mehr durch die Aequatorial=Armille als durch das Astrolabium bestimmt, auf den Aequator nach Rektascension und Abweichung bezogen; in dem Sternverzeichnis des Ptolemäus, das man ganz dem Hipparchus nachgebildet glaubt und das mit 5 sogenannten Nebeln 1025 Sterne enthält, sind sie an die Ekliptik[7] nach Angaben von Längen und Breiten geknüpft. Wenn man die Zahl der Fixsterne des Hipparch=Ptolemäischen Verzeichnisses (Almagest ed. Halma T. II, p. 83):

1. Gr.	2. Gr.	3. Gr.	4. Gr.	5. Gr.	6. Gr.
15	45	208	474	217	49

mit den oben gegebenen Zahlen von Argelander vergleicht, so zeigt sich neben der zu erwartenden Vernachlässigung von Sternen 5. und 6. Größe ein sonderbarer Reichtum in den Klassen 3. und 4. Die Unbestimmtheit in den Schätzungen der Lichtstärke in älterer und neuerer Zeit macht freilich jede unmittelbare Vergleichung unsicher.

Wenn das sogenannte Ptolemäische Fixsternverzeichnis nur den vierten Teil der in Rhodus und Alexandrien dem bloßen Auge sichtbaren Sterne enthält, und wegen der fehlerhaften Präzessionsreduktion Positionen darbietet, als wären sie im Jahre 63 unserer Zeitrechnung bestimmt, so haben wir in den unmittelbar folgenden 16 Jahrhunderten nur drei für ihre Zeit vollständige und originelle Sternkataloge: den des Ulugh Beg (1437), des Tycho (1600) und des Hevelius (1660). Mitten unter den Verheerungen des Krieges und wilder Staatsumwälzungen gelangte in kurzen Zwischenräumen der Ruhe

von der Mitte des 9. bis zu der des 15. Jahrhunderts, unter Arabern, Persern und Mongolen: von Al-Mamun, dem Sohn des großen Harun Al-Raschid, bis zu dem Timuriden Mohammed Taraghi Ulugh Beg, dem Sohne von Schah Rokh, die beobachtende Sternkunde zu einem nie gesehenen Flor. Die astronomischen Tafeln von Ebn-Junis (1007), zu Ehre des fatimitischen Kalifen Aziz Ben-Hakem Biamrilla die Hakemitischen genannt, bezeugen, wie die ilkhanischen Tafeln[8] des Naßir-Eddin Tusi, des Erbauers der großen Sternwarte von Meragha unweit Tauris (1259), die fortgeschrittene Kenntnis der Planetenbewegungen, die Vervollkommnung der Meßinstrumente und die Vervielfältigung genauerer, von den Ptolemäischen abweichender Methoden. Neben der Klepsydra wurden nun auch schon Pendeloszillationen als Zeitmaß gebraucht.

Die Araber haben das große Verdienst gehabt, zu zeigen, wie durch Vergleichung der Tafeln mit den Beobachtungen jene allmählich verbessert werden können. Der Sternkatalog von Ulugh Beg, ursprünglich persisch geschrieben, ist, einen Teil der südlichen, unter 30° 52′ (?) Breite nicht sichtbaren[9] Ptolemäischen Sterne abgerechnet, im Gymnasium zu Samarkand nach Originalbeobachtungen, angefertigt. Er enthält ebenfalls nur erst 1019 Sternpositionen, die auf das Jahr 1437 reduziert sind. Ein späterer Kommentar liefert 300 Sterne mehr, welche Abu-Bekri Altizini 1533 beobachtete. So gelangen wir durch Araber, Perser und Mongolen bis zu der großen Zeit des Kopernikus, fast bis zu der von Tycho.

Die erweiterte Schiffahrt in den Meeren zwischen den Wendekreisen und in großen südlichen Breiten hat seit dem Anfang des 16. Jahrhunderts auf die allmählich erweiterte Kenntnis des Firmaments mächtig, doch in geringerem Maße wie die ein Jahrhundert spätere Anwendung der Fernröhren, gewirkt. Beide Mittel eröffneten neue, unbekannte Welträume. Was von der Pracht des südlichen Himmels zuerst von Amerigo Vespucci, dann von Magelhaens und Elcanos Begleiter, Pigafetta, verbreitet wurde, wie die schwarzen Flecken (Kohlensäcke) von Vicente Yanez Pinzon und Acosta, wie die Magelhaensschen Wolken von Anghiera und Andrea Corsali beschrieben wurden, habe ich bereits an einem anderen Orte entwickelt. Die beschauende Astronomie ging auch hier der messenden voraus. Der Reichtum des Firmaments dem, wie allgemein bekannt, sternarmen Südpol nahe wurde dergestalt übertrieben,

daß der geniale Polyhistor Cardanus dort 10 000 helle Sterne angibt, die von Vespucci mit bloßen Augen gesehen worden wären. Erst Friedrich Houtman und Petrus Theodori von Emden (der nach Olbers mit Dircksz Keyser eine Person war) traten als ernste Beobachter auf. Sie maßen Sternabstände auf Java und Sumatra, und die südlichsten Sterne wurden nun in die Himmelskarten von Bartsch, Hondius und Bayer, wie durch Keplers Fleiß in den Rudolfinischen Sternkatalog von Tycho eingetragen.

Kaum ein halbes Jahrhundert nach Magelhaens' Erdumseglung beginnt Tychos bewundernswürdige Arbeit über die Position der Fixsterne, an Genauigkeit alles übertreffend, was die praktische Astronomie bisher geleistet hatte, selbst die fleißigen Fixsternbeobachtungen des Landgrafen Wilhelms IV. zu Kassel. Tychos Katalog, von Kepler bearbeitet und herausgegeben, enthält doch wieder nur 1000 Sterne, worunter höchstens $^1/_4$ 6. Größe. Dieses Verzeichnis und das weniger gebrauchte von Hevelius, mit 1564 Ortsbestimmungen für das Jahr 1660, sind die letzten, welche (wegen der eigensinnigen Abneigung des Danziger Astronomen gegen die Anwendung der Fernröhren zu Messungen) mit dem unbewaffneten Auge hergestellt wurden.

Diese Verbindung des Fernrohrs mit den Meßinstrumenten, das teleskopische Sehen und Messen, bot endlich die Möglichkeit von Ortsbestimmung der Sterne unter der 6. Größe (besonders zwischen der 7. und 12.) dar. Die Astronomen wurden nun erst dem eigentlichen Besitz der Fixsternwelt näher gebracht, Zählungen und Ortsbestimmungen der schwächeren teleskopischen Sterne haben aber nicht etwa bloß den Vorteil gewährt, durch Erweiterung des Horizonts der Beobachtung mehr von dem Inhalt des Weltraumes erkennbar zu machen, sie haben auch, was noch wichtiger ist, mittelbar einen wesentlichen Einfluß auf die Kenntnis des Weltgebäudes und seiner Gestaltung, auf die Entdeckung neuer Planeten, auf die schnellere Bestimmung ihrer Bahnen ausgeübt. Als Wilhelm Herschel den glücklichen Gedanken hatte, gleichsam das Senkblei in die Tiefen des Himmels zu werfen und in seinen Stern-Eichungen die Sterne zu zählen, welche nach verschiedenen Abständen von der Milchstraße durch das Gesichtsfeld seines großen Teleskopes gingen, wurde das Gesetz der mit der Nähe der Milchstraße zunehmenden Sternenmenge aufgefunden und mit diesem Gesetz die Idee angeregt von der

Existenz großer konzentrischer, mit Millionen von Sternen erfüllter Ringe, welche die mehrfach geteilte Galaxis bilden. Die Kenntnis von der Zahl und gegenseitigen Lage der schwächsten Sterne erleichtert, wie Galles schnelle und glückliche Auffindung des Neptun und die mehrerer der sogenannten kleinen Planeten bezeugen, die Entdeckung der planetarischen, ihren Ort wie zwischen festen Ufern verändernden Weltkörper. Ein anderer Umstand läßt noch deutlicher die Wichtigkeit sehr vollständiger Sternverzeichnisse erkennen. Ist der neue Planet einmal am Himmelsgewölbe entdeckt, so beschleunigt seine zweite Entdeckung in einem älteren Positionskatalog die schwierige Berechnung der Bahn. Ein jetzt vermißter, aber als einst beobachtet verzeichneter Stern gewährt oft mehr, als, bei der Langsamkeit der Bewegung, viele folgende Jahre der sorgfältigsten Messungen würden darbieten können. So sind für Uranus der Stern Nr. 964 im Katalog von Tobias Mayer, für Neptun der Stern Nr. 26266 im Katalog von Lalande von großer Wichtigkeit gewesen. Uranus ist, ehe man ihn als Planeten erkannte, wie man jetzt weiß, 21 mal beobachtet worden, 1mal, wie eben gesagt, von Tobias Mayer, 7mal von Flamsteed, 1mal von Bradley und 12mal von le Monnier. Man kann sagen, daß die zunehmende Hoffnung künftiger Entdeckungen planetarischer Körper teils auf die Vollkommenheit der jetzigen Fernröhren (Hebe war bei der Entdeckung im Juli 1847 ein Stern 8. 9. Größe, dagegen im Mai 1849 nur 11. Größe), teils und vielleicht mehr noch auf Vollständigkeit der Sternverzeichnisse und die Sorgfalt der Beobachter gegründet sei.

Seit dem Zeitpunkte, wo Morin und Gascoigne Fernrohre mit den messenden Instrumenten verbinden lehrten, war der erste Sternkatalog, welcher erschien, der der südlichen Sterne von Halley. Er war die Frucht eines kurzen Aufenthalts auf St. Helena in den Jahren 1677 und 1678 und enthielt, sonderbar genug, doch keine Bestimmung unter der 6. Größe. Früher hatte allerdings schon Flamsteed die Arbeit seines großen Sternatlas unternommen, aber das Werk dieses berühmten Mannes erschien erst 1712. Ihm folgten die Beobachtungen von Bradley (1750 bis 1762), welche auf die Entdeckung der Aberration und Nutation leiteten und von unserem Bessel durch seine Fundamenta Astronomiae (1818) gleichsam verherrlicht wurden, die Sternkataloge von La Caille, Tobias Mayer, Cagnoli, Piazzi, Zach,

Pond, Taylor, Groombridge, Argelander, Airy, Brisbane und Rümker.

Wir verweilen hier nur bei den Arbeiten, welche größere Massen[10] und einen wichtigen Teil dessen liefern, was von Sternen 7. bis 10. Größe die Himmelsräume füllt. Der Katalog, welcher unter dem Namen von Jérôme de Lalande bekannt ist, sich aber allein auf Beobachtungen zwischen den Jahren 1789 und 1800 von seinem Neffen le Français de Lalande und von Burckhardt gründet, hat spät erst eine große Anerkennung erfahren. Er enthält nach der sorgfältigen Bearbeitung (1847), welche man Francis Baily und der British Association for the Advancement of Science verdankt, 47 300 Sterne, von denen viele 9. und etwas unter der 9. Größe sind. Harding, der Entdecker der Juno, hat über 50 000 Sterne in 27 Blätter eingetragen. Die große Arbeit der Zonenbeobachtung von Bessel, welche 75 000 Beobachtungen umfaßt (in den Jahren 1825 bis 1833 zwischen — 15° und + 45° Abweichung) ist mit rühmlichster Sorgfalt von Argelander 1841 bis 1847 zu Bonn bis + 80° Abw. fortgesetzt worden. Aus den Besselschen Zonen von — 15° bis + 15° Abw. hat auf Veranstaltung der Akademie zu St. Petersburg Weiße zu Krakau 31 895 Sterne, unter denen allein 19 738 von der 9. Größe sind, auf das Jahr 1825 reduziert. Argelanders „Durchmusterung des nördlichen Himmels von + 45° bis + 80° Abw." enthält an 22 000 wohlbestimmte Sternörter.

Des großen Werks der Sternkarten der Berliner Akademie glaube ich nicht würdiger erwähnen zu können, als indem ich über die Veranlassung dieses Unternehmens aus der gehaltvollen Gedächtnisrede auf Bessel Enckes eigene Worte hier einschalte: „An die Vervollständigung der Kataloge knüpft sich die Hoffnung, alle beweglichen Himmelskörper, die wegen ihrer Lichtschwäche dem Auge kaum unmittelbar die Veränderung ihres Ortes merklich werden lassen, durch sorgfältige Vergleichung der als feste Punkte verzeichneten Sterne mit dem jedesmaligen Anblick des Himmels, aufzufinden und auf diesem Wege die Kenntnis unseres Sonnensystems zu vollenden. So wie der vortreffliche Hardingische Atlas ein vervollständigtes Bild des gestirnten Himmels ist, wie Lalandes Histoire céleste, als Grundlage betrachtet, dieses Bild zu geben vermochte, so entwarf Bessel 1824, nachdem der erste Hauptabschnitt seiner Zonenbeobachtungen vollendet

war, den Plan, auf diese eine noch speziellere Darstellung des gestirnten Himmels zu gründen, die nicht bloß das Beobachtete wiedergeben, sondern mit Konsequenz die Vollständigkeit erreichen sollte, welche jede neue Erscheinung unmittelbar wahrnehmen lassen würde. Die Sternkarten der Berliner Akademie der Wissenschaften, nach Bessels Plane entworfen, haben, wenn sie auch noch nicht den ersten fortgesetzten Cyklus abschließen konnten, doch schon den Zweck der Auffindung der neuen Planeten auf das glänzendste erreicht, da sie hauptsächlich, wenn auch nicht ganz allein, bis jetzt (1850) 7 neue Planeten haben auffinden lassen." Von den 24 Blättern, welche den Teil des Himmels darstellen sollen, der sich 15° zu beiden Seiten des Aequators erstreckt, hat unsere Akademie bisher 16 herausgegeben. Sie enthalten möglichst alle Sterne bis zur 9. und teilweise bis zur 10. Größe.

Die ungefähren Schätzungen, die man über die Zahl der Sterne gewagt, welche mit den jetzigen großen, raumdurchdringenden Fernröhren am ganzen Himmel dem Menschen sichtbar sein könnten, mögen hier auch ihren Platz finden. Struve nimmt für das Herschelsche 20füßige Spiegelteleskop, das bei den berühmten Sterneichungen (gauges, sweeps) angewandt wurde, mit 180maliger Vergrößerung: für die Zonen, welche zu beiden Seiten des Aequators 30° nördlich und südlich liegen, 5 800 000, für den ganzen Himmel 20 374 000 an. In einem noch mächtigeren Instrumente, in dem 40füßigen Spiegelteleskop, hielt Sir William Herschel in der Milchstraße allein 18 Millionen für sichtbar.

Nach einer sorgfältigeren Betrachtung der nach Ortsbestimmung in Katalogen aufgeführten, sowohl dem unbewaffneten Auge sichtbaren als bloß teleskopischen Fixsterne wenden wir uns nun zu der Verteilung und Gruppierung derselben an der Himmelsdecke. Wir haben gesehen, wie bei der geringen und so überaus langsamen (scheinbaren und wirklichen) Ortsveränderung der einzelnen, teils durch die Präzession und den ungleichen Einfluß des Fortschreitens unseres Sonnensystems, teils durch die ihnen eigene Bewegung, sie als feste Marksteine im unermeßlichen Weltraume zu betrachten sind, als solche, welche alles zwischen ihnen mit größerer Schnelligkeit oder in anderen Richtungen Bewegte, also den teleskopischen Kometen und Planeten Zugehörige, der aufmerksamen Beobachtung offenbaren. Das erste und Hauptinteresse beim Anblick des Firmaments ist schon wegen der

Vielheit und überwiegenden Masse der Weltkörper, die den Weltraum füllen, auf die Fixsterne gerichtet; von ihnen geht in Bewunderung des Firmaments die stärkere sinnliche Anregung aus. Die Bahn der Wandelsterne spricht mehr die grübelnde Vernunft an, der sie, den Entwickelungsgang astronomischer Gedankenverbindung beschleunigend, verwickelte Probleme darbietet.

Aus der Vielheit der an dem Himmelsgewölbe scheinbar, wie durch Zufall, vermengten großen und kleinen Gestirne sondern die rohesten Menschenstämme (wie mehrere jetzt sorgfältiger untersuchte Sprachen der sogenannten wilden Völker bezeugen) einzelne und fast überall dieselben Gruppen aus, in welchen helle Sterne durch ihre Nähe zu einander, durch ihre gegenseitige Stellung oder eine gewisse Isoliertheit den Blick auf sich ziehen. Solche Gruppen erregen die dunkle Ahnung von einer Beziehung der Teile aufeinander; sie erhalten, als Ganze betrachtet, einzelne Namen, die, von Stamm zu Stamm verschieden, meist von organischen Erderzeugnissen hergenommen, die öden, stillen Räume phantastisch beleben. So sind früh abgesondert worden das Siebengestirn (die Gluckhenne), die sieben Sterne des großen Wagens (der kleine Wagen später und nur wegen der wiederholten Form), der Gürtel des Orion (Jakobsstab), Kassiopeia, der Schwan, der Skorpion, das südliche Kreuz (wegen des auffallenden Wechsels der Richtung vor und nach der Kulmination), die südliche Krone, die Füße des Centauren (gleichsam die Zwillinge des südlichen Himmels) u. s. f.

Wo Steppen, Grasfluren oder Sandwüsten einen weiten Horizont darbieten, wird der mit den Jahreszeiten oder den Bedürfnissen des Hirtenlebens und Feldbaues wechselnde Auf- und Untergang der Konstellationen ein Gegenstand fleißiger Beachtung und allmählich auch symbolisierender Ideenverbindung. Die beschauende, nicht messende Astronomie fängt nun an, sich mehr zu entwickeln. Außer der täglichen, allen Himmelskörpern gemeinschaftlichen Bewegung von Morgen gegen Abend wird bald erkannt, daß die Sonne eine eigene, weit langsamere, in entgegengesetzter Richtung habe. Die Sterne, die nach ihrem Untergange am Abendhimmel stehen, sinken mit jedem Tage tiefer zu ihr hinab und verlieren sich endlich ganz in ihre Strahlen während der Dämmerung; dagegen entfernen sich von der Sonne diejenigen Sterne, welche vor ihrem Aufgange am Morgenhimmel glänzen. Bei dem

stets wechselnden Schauspiel des gestirnten Himmels zeigen sich immer andere Konstellationen. Mit einiger Aufmerksamkeit wird leicht erkannt, daß es dieselben sind, welche zuvor im Westen unsichtbar geworden waren, daß ungefähr nach einem halben Jahre diejenigen Sterne, welche sich vorher in der Nähe der Sonne gezeigt hatten, ihr gegenüberstehen, untergehend bei ihrem Aufgange, aufgehend bei ihrem Untergange. Von Hesiod bis Eudoxus, von Eudoxus bis Aratus und Hipparch ist die Litteratur der Hellenen voll Anspielungen auf das Verschwinden der Sterne in den Sonnenstrahlen (den heliakischen oder Spätuntergang) wie auf das Sichtbarwerden in der Morgendämmerung den heliakischen oder Frühaufgang. Die genaue Beobachtung dieser Erscheinungen bot die frühesten Elemente der Zeitkunde dar: Elemente, nüchtern in Zahlen ausgedrückt, während gleichzeitig die Mythologie, bei heiterer oder düsterer Stimmung des Volkssinnes, fortfuhr, mit unumschränkter Willkür in den hohen Himmelsräumen zu walten.

Die primitive griechische Sphäre (ich folge hier wieder, wie in der Geschichte der physischen Weltanschauung, den Untersuchungen meines so früh dahingeschiedenen, geistreichen Freundes Letronne), die griechische Sphäre hat sich nach und nach mit Sternbildern gefüllt, ohne daß man sich dieselben anfangs in irgend einer Beziehung zu der Ekliptik dachte. So kennen schon Homer und Hesiodus verschiedene Sterngruppen und einzelne Sterne mit Namen bezeichnet, jener die Bärin („die sonst der Himmelswagen genannt wird — und die allein niemals in Okeanos Bad sich hinabtaucht"), den Bootes und den Hund des Orion; dieser den Sirius und den Arctur; beide die Plejaden, die Hyaden und den Orion. Wenn Homer zweimal sagt, daß die Konstellation der Bärin allein sich nie in das Meer taucht, so folgt daraus bloß, daß zu seiner Zeit noch nicht in der griechischen Sphäre die Sternbilder des Drachen, des Cepheus und des kleinen Bären, welche auch nicht untergehen, vorhanden waren. Es wird keineswegs die Kenntnis von der Existenz der einzelnen Sterne, welche jene drei Katasterismen bilden, geleugnet, nur ihre Reihung in Bilder. Eine lange, oft mißverstandene Stelle des Strabo (lib. I, pag. 3 Casaub.) über Homer Il, XVIII, 485—489 beweist vorzugsweise, was hier wichtig ist, die allmähliche Aufnahme von Bildern in die griechische Sphäre. „Mit Unrecht," sagt Strabo, „beschuldigt man Homer der Unwissenheit,

als habe er nur *eine* Bärin statt zweier gekannt. Vermutlich war die andere noch nicht *versternt*, sondern erst seitdem die Phönizier dieses Sternbild bezeichneten und zur Seefahrt benutzten, kam es auch zu den Hellenen." Alle Scholien zum Homer, Hygin und Diogenes aus Laerte schreiben die Einführung dem Thales zu. Der Pseudo-Eratosthenes hat den Kleinen Bären Φοινίκη (gleichsam das phönizische Leitgestirn) genannt. Hundert Jahre später (Ol. 71) bereicherte Cleostratus von Tenedos die Sphäre mit dem Schützen, τοξότης, und dem Widder, κριός.

In dieser Epoche erst, die der Gewaltherrschaft der Pisistratiden, fällt nach Letronne die Einführung des Tierkreises in die alte griechische Sphäre. Eudemus aus Rhodos, einer der ausgezeichnetsten Schüler des Stagiriten, Verfasser einer „Geschichte der Astronomie", schreibt die Einführung des Tierkreis-*Gürtels* (ἡ τοῦ ζωδιακοῦ διάζωσις, auch ζωίδιος κύκλος) dem Oenopides von Chios, einem Zeitgenossen des Anaxagoras, zu.[11] Die Idee von der Beziehung der Planeten und Fixsterne auf die *Sonnenbahn*, die Einteilung der Ekliptik in zwölf gleiche Teile (Dodekatomerie) sind altchaldäisch und höchst wahrscheinlich den Griechen aus Chaldäa selbst und nicht aus dem Nilthale, am frühesten im Anfang des 5. oder im 6. Jahrhunderte vor unserer Zeitrechnung[12] überkommen. Die Griechen schnitten nur aus den ihrer primitiven Sphäre schon früher verzeichneten Sternbildern diejenigen aus, welche der Ekliptik am nächsten lagen und als *Tierkreisbilder* gebraucht werden konnten. Wäre mehr als der Begriff und die Zahl der Abteilungen (Dodekatomerie) eines Tierkreises, wäre der Tierkreis selbst mit seinen Bildern einem fremden Volke von den Griechen entlehnt worden, so würden diese sich nicht ursprünglich mit elf Bildern begnügt, nicht den Skorpion zu zwei Abteilungen angewandt, nicht Zodiakalbilder erfunden haben, deren einige, wie Stier, Löwe, Fische und Jungfrau, mit ihren Umrissen 35° bis 48°, andere, wie Krebs, Widder und Steinbock, nur 19° bis 23° einnehmen, welche unbequem nördlich und südlich um die Ekliptik schwanken, bald weit getrennt, bald, wie Stier und Widder, Wassermann und Steinbock, eng gedrängt und fast ineinander eingreifend. Diese Verhältnisse bezeugen, daß man früher gebildete Katasterismen zu Zodiakalzeichen stempelte.

Das Zeichen der *Wage* wurde nach Letronnes Vermutung zu Hipparchs Zeiten, vielleicht durch ihn selbst, eingeführt.

Eudoxus, Archimedes, Autolycus und selbst Hipparch, in dem wenigen, was wir von ihm besitzen (eine einzige, wahrscheinlich von einem Kopisten verfälschte Stelle [13] abgerechnet), erwähnen ihrer nie. Das neue Zeichen kommt erst bei Geminus und Varro, kaum ein halbes Jahrhundert vor unserer Zeitrechnung vor, und da der Hang zur Astrologie bald mächtig in die römische Volkssitte einbrach, von August bis Antonin, so erhielten auch diejenigen Sternbilder, „die am himmlischen Sonnenwege lagen", eine erhöhte, phantastische Wichtigkeit. Der ersten Hälfte dieses Zeitraums römischer Weltherrschaft gehören die ägyptischen Tierkreisbilder in Dendera, Esne, dem Propylon von Panopolis und einiger Mumiendeckel an, wie Visconti und Testa schon zu einer Epoche behauptet haben, wo noch nicht alle Materialien für die Entscheidung der Frage gesammelt waren, und wilde Hypothesen herrschten über die Bedeutung jenes symbolischen Zodiakalzeichens und dessen Abhängigkeit von der Präzession der Nachtgleichen. Das hohe Alter, welches August Wilhelm von Schlegel den in Indien gefundenen Tierkreisen nach Stellen aus Manus Gesetzbuch, aus Valmikis Ramayana und aus Amarasinhas Wörterbuch beilegen wollte, ist nach Adolf Holtzmanns scharfsinnigen Untersuchungen sehr zweifelhaft geworden. [14]

Die durch den Lauf der Jahrhunderte so zufällig entstandene, künstliche Gruppierung der Sterne zu Bildern, ihre oft unbequeme Größe und schwankenden Umrisse, die verworrene Bezeichnung der einzelnen Sterne in den Konstellationen, mit Erschöpfung mehrerer Alphabete, wie in dem Schiffe Argo, das geschmacklose Vermischen mythischer Personen mit der nüchternen Prosa von physikalischen Instrumenten, chemischen Oefen und Pendeluhren am südlichen Himmel haben mehrmals zu Vorschlägen geleitet über neue, ganz bildlose Einteilungen des Himmelsgewölbes. Für die südliche Hemisphäre, wo Skorpion, Schütze, Centaur, das Schiff und der Eridanus allein einen alten dichterischen Besitz haben, schien das Unternehmen weniger gewagt. [15]

Der Fixsternhimmel (orbis inerrans des Apulejus), der uneigentliche Ausdruck Fixsterne (astra fixa des Manilius) erinnern, wie wir schon oben in der Einleitung zur Astrognosie bemerkt, an die Verbindung, ja Verwechselung der Begriffe von Einheftung und absoluter Unbeweglichkeit (Fixität). Wenn Aristoteles nicht die wandernden Weltkörper (ἀπλανῆ ἄστρα) eingeheftete (ἐνδεδεμένα), wenn Ptolemäus sie an-

gewachsene (προςπεφυκότες) nennt, so beziehen sich zunächst diese Benennungen auf die Vorstellung des Anaximenes von der kristallartigen Sphäre. Die scheinbare Bewegung aller Fixsterne von Osten nach Westen, während daß ihr Abstand untereinander sich gleich blieb, hatte diese Hypothese erzeugt. „Die Fixsterne (ἀπλανῆ ἄστρα) gehören der oberen, von uns entfernteren Region; in der sie wie Nägel an den Kristallhimmel angeheftet sind; die Planeten (ἄστρα πλανώμενα oder πλανητά), welche eine entgegengesetzte Bewegung haben, gehören der unteren, näheren Region an." Wenn bei Manilius schon in der frühesten Zeit der Cäsaren stella fixa für infixa oder affixa gesagt wurde, so läßt sich annehmen, daß die Schule in Rom anfangs doch nur der ursprünglichen Bedeutung des Angeheftetseins anhing; aber da das Wort fixus auch die Bedeutung der Unbeweglichkeit einschloß, ja für synonym mit immotus und immobilis genommen werden konnte, so war es leicht, daß der Volksglaube oder vielmehr der Sprachgebrauch allmählich an eine stella fixa vorzugsweise die Idee der Unbeweglichkeit knüpfte, ohne der festen Sphäre zu gedenken, an die sie geheftet ist. So durfte Seneca die Fixsternwelt fixum et immobilem populum nennen.

Wenn wir auch nach Stobäus und dem Sammler der „Ansichten der Philosophen" die Benennung Kristallhimmel bis zur frühen Zeit des Anaximenes hinaufführen, so finden wir doch die Idee, welche der Benennung zu Grunde liegt, erst schärfer bei Empedokles entwickelt. Den Fixsternhimmel hält dieser für eine feste Masse, welche aus dem durch Feuer kristallartig starr gewordenen Aether gebildet wurde.[16] Der Mond ist ihm ein durch die Kraft des Feuers hagelartig geronnener Körper, welcher sein Licht von der Sonne erhält. Der ursprüngliche Begriff des Durchsichtigen, Geronnenen, Erstarrten würde nach der Physik der Alten[17] und ihren Begriffen vom Festwerden des Flüssigen nicht unmittelbar auf Kälte und Eis führen; aber die Verwandtschaft von κρύσταλλος mit κρύος und κρυσταίνω, wie die Vergleichung mit den durchscheinendsten aller Körper, veranlaßten die bestimmteren Behauptungen, daß das Himmelsgewölbe aus Eis oder aus Glas bestehe. So finden wir bei Lactantius: coelum aërem glaciatum esse, und vitreum coelum. Empedokles hat gewiß noch nicht an phönizisches Glas, wohl aber an Luft gedacht, die durch feurigen Aether in einen durchsichtigen festen Körper zusammengeronnen ist. Die Idee des Durchsichtigen war in

der Vergleichung mit dem Eise, κρύσταλλος, das Vorherrschende; man dachte nicht an Ursprung des Eises durch Kälte, sondern zunächst nur an ein durchsichtiges Verdichtetes. Wenn der Dichter das Wort Kristall selbst brauchte, so bedient sich die Prosa (wie die in der 34. Anmerkung angeführte Stelle des Achilles Tatius, des Kommentators von Aratus, bezeugt) nur des Ausdrucks: kristallähnlich, κρυσταλλοειδής. Ebenso bedeutet πάγος (von πήγνυσθαι, fest werden) ein Stück Eis, wobei bloß die Verdichtung in Betracht gezogen wird.

Durch die Kirchenväter, welche spielend 7 bis 10, wie Zwiebelhäute übereinander gelagerte, gläserne Himmelsschichten annahmen, ist diese Ansicht des kristallenen Gewölbes in das Mittelalter übergegangen, ja sie hat sich selbst in einigen Klöstern des südlichen Europas erhalten, wo zu meinem Erstaunen ein ehrwürdiger Kirchenfürst mir, nach dem so viel Aufsehen erregenden Aerolithenfall bei Aigle, die Meinung äußerte: was wir mit einer vitrifizierten Rinde bedeckte Meteorsteine nennten, wären nicht Teile des gefallenen Steines selbst, sondern ein Stück des durch den Stein zerschlagenen kristallenen Himmels. Kepler, zuerst durch die Betrachtung über die alle Planetenbahnen durchschneidenden Kometen veranlaßt, hat sich schon drittehalb Jahrhunderte früher gerühmt,[18] die 77 homozentrischen Sphären des berühmten Girolamo Fracastoro, wie alle älteren rückwirkenden Epicykeln zerstört zu haben. Wie so große Geister, als Eudoxus, Menächmus, Aristoteles und Apollonius von Pergä sich die Möglichkeit des Mechanismus und der Bewegung starrer, ineinander greifender, die Planeten führender Sphären gedacht haben; ob sie diese Systeme von Ringen nur als ideale Anschauungen, als Fiktionen der Gedankenwelt betrachteten, nach denen schwierige Probleme des Planetenlaufes erklärt und annähernd berechnet werden könnten, sind Fragen, welche ich schon an einem anderen Orte berührt habe und welche für die Geschichte der Astronomie, wenn sie Entwickelungsperioden zu unterscheiden strebt, nicht ohne Wichtigkeit sind.

Ehe wir von der uralten, aber künstlichen, Zodiakalgruppierung der Fixsterne, wie man sich dieselben an feste Sphären angeheftet dachte, zu ihrer natürlichen, reellen Gruppierung und den schon erkannten Gesetzen relativer Verteilung übergehen, müssen wir noch bei einigen sinnlichen Erscheinungen der einzelnen Weltkörper, ihren überdeckenden Strahlen, ihren scheinbaren, unwahren Durchmessern und der

Verschiedenheit ihrer Farbe, verweilen. Von dem Einfluß der sogenannten Sternschwänze, welche der Zahl, Lage und Länge nach bei jedem Individuum verschieden sind, habe ich schon bei den Betrachtungen über die Unsichtbarkeit der Jupitersmonde gehandelt. Das undeutliche Sehen (la vue indistincte) hat vielfache organische Ursachen, welche von der Aberration der Sphärizität des Auges, von der Diffraktion an den Rändern der Pupille oder an den Wimpern, und von der sich mehr oder weniger weit aus einem gereizten Punkte fortpflanzenden Irritabilität der Netzhaut abhängen.[19] Ich sehe sehr regelmäßig 8 Strahlen unter Winkeln von 45° bei Sternen 1. bis 3. Größe. Da nach Hassenfratz diese Strahlungen sich auf der Kristalllinse kreuzende Brennlinien (caustiques) sind, so bewegen sie sich, je nachdem man den Kopf nach einer oder der anderen Seite neigt. Einige meiner astronomischen Freunde sehen nach oben hin 3, höchstens 4 Strahlen, und nach unten gar keine. Merkwürdig hat es mir immer geschienen, daß die alten Aegypter den Sternen regelmäßig nur 5 Strahlen (also um je 72° entfernt) geben, so daß dies Sternzeichen nach Horapollo hieroglyphisch die Zahl 5 bedeuten soll.[20]

Die Sternschwänze verschwinden, wenn man das Bild der strahlenden Sterne (ich habe oft Canopus wie Sirius auf diese Weise beobachtet) durch ein sehr kleines mit einer Nadel in eine Karte gemachtes Loch empfängt. Ebenso ist es bei dem teleskopischen Sehen mit starker Vergrößerung, in welchem die Gestirne entweder als leuchtende Punkte von intensiverem Lichte oder auch wohl als überaus kleine Scheiben sich darstellen. Wenngleich das schwächere Funkeln der Fixsterne unter den Wendekreisen einen gewissen Eindruck der Ruhe gewährt, so würde mir doch, bei unbewaffnetem Auge, eine völlige Abwesenheit aller Sternstrahlung das Himmelsgewölbe zu veröden scheinen. Sinnliche Täuschung, undeutliches Sehen vermehren vielleicht die Pracht der leuchtenden Himmelsdecke; Arago hat schon längst die Frage aufgeworfen, warum trotz der großen Lichtstärke der Fixsterne 1. Größe man nicht diese, und doch den äußersten Rand der Mondscheibe[21] am Horizonte beim Aufgehen erblicke?

Die vollkommensten optischen Werkzeuge, die stärksten Vergrößerungen geben den Fixsternen falsche Durchmesser (spurious disks, diamètres factices), welche nach Sir John Herschels Bemerkung[22] „bei gleicher Vergrößerung um so

kleiner werden, als die Oeffnung des Fernrohrs wächst". Verfinsterungen der Sterne durch die Mondscheibe beweisen, wie Ein- und Austritt dergestalt augenblicklich sind, daß keine Fraktion einer Zeitsekunde für die Dauer erkannt werden kann. Das oft beobachtete Phänomen des sogenannten Klebens des eintretenden Sternes auf der Mondscheibe ist ein Phänomen der Lichtbeugung, welches in keinem Zusammenhange mit der Frage über die Sterndurchmesser steht. Wir haben schon an einem anderen Ort erinnert, daß Sir William Herschel bei einer Vergrößerung von 6500mal den Durchmesser von Wega noch 0,36" fand. Das Bild des Arcturus wurde in einem dichten Nebel so verkleinert, daß die Scheibe noch unter 0,2" war. Auffallend ist es, wie wegen der Täuschung, welche die Sternstrahlung erregt, vor der Erfindung des teleskopischen Sehens Kepler und Tycho dem Sirius Durchmesser von 4' und 2'20" zuschrieben. Die abwechselnd lichten und dunkeln Ringe, welche die kleinen falschen Sternscheiben bei Vergrößerungen von 2 bis 300mal umgeben und die bei Anwendung von Diaphragmen verschiedener Gestalt irisieren, sind gleichzeitig die Folgen der Interferenz und der Diffraktion, wie Aragos und Airys Beobachtungen lehren. Die kleinsten Gegenstände, welche teleskopisch noch deutlich als leuchtende Punkte gesehen werden (doppelte Doppelsterne, wie ε der Leier, der 5. und 6. Stern, den Struve im Jahr 1826 und Sir John Herschel im Jahr 1832 im Trapezium des großen Nebelfleckes des Orion entdeckt haben,[23] welches der vierfache Stern ϑ des Orion bildet), können zur Prüfung der Vollkommenheit und Lichtfülle optischer Instrumente, der Refraktoren wie der Reflektoren, angewandt werden.

Eine Farbenverschiedenheit des eigentümlichen Lichtes der Fixsterne wie des reflektierten Lichtes der Planeten ist von früher Zeit an erkannt, aber die Kenntnis dieses merkwürdigen Phänomens ist erst durch das teleskopische Sehen, besonders seitdem man sich lebhaft mit den Doppelsternen beschäftigt hat, wundersam erweitert worden. Es ist hier nicht von dem Farbenwechsel die Rede, welcher, wie schon oben erinnert worden ist, das Funkeln auch in den weißesten Gestirnen begleitet, noch weniger von der vorübergehenden, meist rötlichen Färbung, welche nahe am Horizont wegen der Beschaffenheit des Mediums (der Luftschichten, durch die wir sehen) das Sternlicht erleidet, sondern von dem weißen oder farbigen Sternlichte, das als Folge eigentümlicher Lichtprozesse

und der ungleichen Konstitution seiner Oberfläche jeder Weltkörper ausstrahlt. Die griechischen Astronomen kennen bloß rote Sterne, während die neueren an der gestirnten Himmelsdecke, in den vom Licht durchströmten Gefilden, wie in den Blumenkronen der Phanerogamen und den Metalloxyden fast alle Abstufungen des prismatischen Farbenbildes zwischen den Extremen der Brechbarkeit, den roten und violetten Strahlen teleskopisch aufgefunden haben. Ptolemäus nennt in seinem Fixsternkatalog 6 Sterne ὑπόκιῤῥοι, feuerrötlich,[24] nämlich Arcturus, Aldebaran, Pollux, Antares, α des Orion (die rechte Schulter) und Sirius. Cleomedes vergleicht sogar Antares im Skorpion mit der Röte des Mars, der selbst bald πυῤῥός, bald πυροειδής genannt wird.

Von den sechs oben aufgezählten Sternen haben fünf noch zu unserer Zeit ein rotes oder rötliches Licht. Pollux wird noch als rötlich, aber Castor als grünlich aufgeführt. Sirius gewährt demnach das einzige Beispiel einer historisch erwiesenen Veränderung der Farbe, denn er hat gegenwärtig ein vollkommen weißes Licht. Eine große Naturrevolution[25] muß allerdings auf der Oberfläche oder in der Photosphäre eines solchen Fixsternes (einer fernen Sonne, wie schon Aristarch von Samos die Fixsterne würde genannt haben) vorgegangen sein, um den Prozeß zu stören, vermöge dessen die weniger brechbaren roten Strahlen durch Entziehung (Absorption) anderer Komplementarstrahlen (sei es in der Photosphäre des Sternes selbst, sei es in wandernden kosmischen Gewölken) vorherrschend wurden. Es wäre zu wünschen, da dieser Gegenstand bei den großen Fortschritten der neueren Optik ein lebhaftes Interesse auf sich gezogen hat, daß man die Epoche einer solchen Naturbegebenheit, des Verschwindens der Rötung des Sirius, durch Bestimmung gewisser Zeitgrenzen, auffinden könne. Zu Tychos Zeit hatte Sirius gewiß schon weißes Licht, denn als man mit Verwunderung den neuen in der Kassiopeia 1572 erschienenen blendend weißen Stern im Monat März 1573 sich röten und im Januar 1574 wieder weiß werden sah, wurde der rote Stern mit Mars und Aldebaran, aber nicht mit Sirius verglichen. Vielleicht möchte es Sédillot oder anderen mit der arabischen und persischen Astronomie vertrauten Philologen [s. Zusätze am Schluß d. Bandes] glücken, in den Zeitabständen von El-Batani (Albategnius) und El-Fergani (Alfraganus) bis Abdurrahman Sufi und Ebn-Junis (von 880 bis 1007),

von Ebn-Junis bis Naßir-Eddin und Ulugh Beg (von 1007 bis 1437) irgend ein Zeugnis für die damalige Farbe des Sirius aufzufinden. El-Fergani (eigentlich Mohammed Ebn-Kethir El-Fergani), welcher schon in der Mitte des 10. Jahrhunderts zu Rakka (Aracte) am Euphrat beobachtete, nennt als rote Sterne (stellae ruffae sagt die alte lateinische Uebersetzung von 1590) wohl den Aldebaran und, rätselhaft genug,[26] die jetzt gelbe, kaum rötlichgelbe Capella, nicht aber den Sirius. Allerdings würde es auffallend sein, wäre Sirius zu seiner Zeit schon nicht mehr rot gewesen, daß El-Fergani, der überall dem Ptolemäus folgt, die Farbenveränderung in einem so berühmten Stern nicht sollte bezeichnet haben. Negative Gründe sind allerdings selten beweisend, und auch bei Beteigeuze (α Orionis), der jetzt noch rot ist wie zu des Ptolemäus' Zeiten, erwähnt El-Fergani in derselben Stelle der Farbe nicht.

Es ist längst anerkannt, daß unter allen hell leuchtenden Fixsternen des Himmels Sirius in chronologischer Hinsicht, wie in seiner historischen Anknüpfung an die früheste Entwickelung menschlicher Kultur im Nilthale, die erste und wichtigste Stelle einnimmt. Die Sothisperiode und der heliakische Aufgang der Sothis (Sirius), über die Biot eine vortreffliche Arbeit geliefert hat, verlegt nach den neuesten Untersuchungen von Lepsius[27] die vollständige Einrichtung des ägyptischen Kalenders in jene uralte Epoche von fast 33 Jahrhunderten vor unserer Zeitrechnung, „in welcher nicht nur die Sommersonnenwende und folglich der Anfang des Nilanschwellens auf den Tag des ersten Wassermonats (auf den ersten Pachon) fiel, sondern auch der heliakische Aufgang der Sothis." Die neuesten, bisher unveröffentlichten, etymologischen Versuche über Sothis und Sirius aus dem Koptischen, dem Zend, Sanskrit und Griechischen werde ich in eine Note[28] zusammendrängen, die nur denen willkommen sein kann, welche aus Liebe zur Geschichte der Astronomie in den Sprachen und ihrer Verwandtschaft Denkmäler des früheren Wissens erkennen.

Entschieden weiß sind gegenwärtig, außer Sirius, Wega, Deneb, Regulus und Spica; auch unter den kleinen Doppelsternen zählt Struve an 300 auf, in denen beide Sterne weiß sind. Gelbes und gelbliches Licht haben Procyon, Atair, der Polarstern und besonders β des kleinen Bären. Von roten und rötlichen großen Sternen haben wir schon Beteigeuze, Arcturus, Aldebaran, Antares und Pollux genannt. Rümker findet

γ Crucis von schöner roter Farbe, und mein vieljähriger Freund, Kapitän Bérard, ein vortrefflicher Beobachter, schrieb aus Madagaskar 1847, daß er seit einigen Jahren auch α Crucis sich röten sehe. Der durch Sir John Herschels Beobachtungen berühmt gewordene Stern im Schiffe, η Argûs, dessen ich bald umständlicher erwähnen werde, verändert nicht bloß seine Lichtstärke, er verändert auch seine Farbe. Im Jahre 1843 fand in Kalkutta Herr Mackay diesen Stern an Farbe dem Arcturus gleich, also rötlichgelb, aber in Briefen aus Santiago de Chile vom Februar 1850 nennt ihn Lieutenant Gilliß von dunklerer Farbe als Mars. Sir John Herschel gibt am Schluß seiner Kapreise ein Verzeichnis von 76 rubinfarbigen (ruby coloured) kleinen Sternen 7. bis 9. Größe. Einige erscheinen im Fernrohr wie Blutstropfen. Auch die Mehrzahl der veränderlichen Sterne wird als rot und rötlich beschrieben. Ausnahmen machen: Algol am Kopf der Medusa, β Lyrae, ε Aurigae, ... die ein rein weißes Licht haben. Mira Ceti, deren periodischer Lichtwechsel am frühesten erkannt worden ist, hat ein stark rötliches Licht, aber die Veränderlichkeit von Algol, β Lyrae ... beweist, daß die rote Farbe nicht eine notwendige Bedingung der Lichtveränderung sei, wie denn auch mehrere rote Sterne nicht zu den veränderlichen gehören. Die lichtschwächsten Sterne, in denen noch Farben zu unterscheiden sind, gehören nach Struve in die 9. und 10. Größe. Der blauen Sterne hat zuerst Mariotte 1686 in seinem Traité des couleurs gedacht. Bläulich ist η der Leier. Ein kleiner Sternhaufen von $3\frac{1}{2}$ Minuten Durchmesser am südlichen Himmel besteht nach Dunlop bloß aus blauen Sternchen. Unter den Doppelsternen gibt es viele, in welchen der Hauptstern weiß und der Begleiter blau ist, einige, in denen Hauptstern und Begleiter beide ein blaues Licht haben (so δ Serp. und 59 Androm.). Bisweilen sind, wie in dem von Lacaille für einen Nebelfleck gehaltenen Sternschwarm bei $\varkappa$ des südlichen Kreuzes, über hundert vielfarbige (rote, grüne, blaue und blaugrüne) Sternchen so zusammengedrängt, daß sie wie polychrome Edelgesteine (like a superb piece of fancy jewellery) in großen Fernröhren erscheinen.

Die Alten glaubten in der Stellung gewisser Sterne 1. Größe eine merkwürdige symmetrische Anordnung zu erkennen. So war ihre Aufmerksamkeit vorzugsweise auf die sogenannten vier königlichen Gestirne, welche sich in der Sphäre gegenüberstehen, auf Aldebaran und Antares,

Regulus und Fomalhaut, gerichtet. Wir finden dieser regelmäßigen Anordnung, die ich schon an einem anderen Orte behandelt, ausführlich bei einem späten römischen Schriftsteller, aus der konstantinischen Zeit, dem Julius Firmicus Maternus, erwähnt. Die Rektaszensionalunterschiede der königlichen Sterne, stellae regales, sind: 11^h 57′ und 12^h 49′. Die Wichtigkeit, welche man diesem Gegenstande beilegte, ist wahrscheinlich auf Ueberlieferungen aus dem Orient gegründet, welche unter den Cäsaren mit einer großen Vorliebe zur Astrologie in das römische Reich eindrangen. Eine dunkle Stelle des Hiob (9, 9), in welcher „den Kammern des Südens" der Schenkel, d. i. das Nordgestirn des großen Bären (der berühmte Stierschenkel auf den astronomischen Darstellungen von Dendera und in dem ägyptischen Totenbuche) entgegengesetzt wurde, scheint ebenfalls durch 4 Sternbilder die 4 Himmelsgegenden bezeichnen zu wollen.[29]

Wenn dem Altertum, ja dem späten Mittelalter ein großer und schöner Teil des südlichen Himmels jenseits der Gestirne von 53° südlicher Abweichung verhüllt geblieben war, so wurde die Kenntnis des Südhimmels ungefähr hundert Jahre vor der Erfindung und Anwendung des Fernrohrs allmählich vervollständigt. Zur Zeit des Ptolemäus sah man am Horizont von Alexandrien: den Altar, die Füße des Centaur, das südliche Kreuz, zum Centaur gerechnet oder auch wohl zu Ehren des Augustus (nach Plinius) Caesaris Thronus genannt, endlich Canopus (Canobus) im Schiffe, den der Scholiast zum Germanicus[30] das Ptolemaeon nennt. Im Katalog des Almagest ist auch der Stern 1. Größe, der letzte im Flusse Eridanus (arabisch achir el-nahr), Achernar, aufgeführt, ob er gleich 9° unter dem Horizont war. Eine Nachricht von der Existenz dieses Sternes war also dem Ptolemäus aus südlicheren Schiffahrten im Roten Meere oder zwischen Ocelis und dem malabarischen Stapelplatze Muziris zugeführt worden. Die Vervollkommnung der Nautik führte längs der westlichen afrikanischen Küste allerdings schon 1484 Diego Cam in Begleitung von Martin Behaim, 1487 Bartholomäus Diaz, 1497 Gama auf die Fahrt nach Ostindien weit über den Aequator hinaus und in die antarktischen Gewässer bis 35° südlicher Breite; aber die erste spezielle Beachtung der großen Gestirne und Nebelflecke, die Beschreibung der Magelhaensschen Wolken und der Kohlensäcke, ja der Ruf von den „Wundern des im Mittelmeere nicht

gesehenen Himmels", gehört der Epoche von Vicente Yañez Pinzon, Amerigo Vespucci und Andrea Corsali zwischen 1500 und 1515 an. Sternabstände am südlichen Himmel wurden am Ende des 16. Jahrhunderts und im Anfang des 17. gemessen.

In der Verteilung der Fixsterne an dem Himmelsgewölbe hat man erst angefangen gewisse Gesetze relativer Verdichtung zu erkennen, seitdem William Herschel im Jahre 1785 auf den glücklichen Gedanken verfiel, die Zahl der Sterne in demselben Gesichtsfelde von 15′ Durchmesser in seinem 20füßigen Spiegelteleskop in verschiedenen Höhen und Richtungen zu schätzen. Dieser mühevollen Methode der Eichungen (franz. jauges, engl. process of gauging the heavens, star-gauges) ist in diesem Werke schon mehrmals gedacht worden. Das Gesichtsfeld umfaßte jedesmal nur 1/833000 des ganzen Himmels, und solche Eichungen über die ganze Sphäre würden, nach einer Bemerkung von Struve, an 83 Jahre dauern. Man muß bei den Untersuchungen über die partielle Verteilung der Gestirne besonders die Größenklasse, zu der sie photometrisch gehören, in Anschlag bringen. Wenn man bei den hellen Sternen der ersten 3 oder 4 Größenklassen stehen bleibt, so findet man diese im ganzen ziemlich gleichförmig verteilt, doch örtlich in der südlichen Hemisphäre von ε des Orion bis α des Kreuzes vorzugsweise in eine prachtvolle Zone in der Richtung eines größten Kreises zusammengedrängt. Das so verschiedene Urteil, welches von Reisenden über die relative Schönheit des südlichen und nördlichen Himmels gefällt wird, hängt, wie ich glaube, oft nur von dem Umstande ab, daß einige der Beobachter die südlichen Regionen zu einer Zeit besucht haben, in welcher der schönste Teil der Konstellationen bei Tage kulminiert. Durch die Eichungen beider Herschel an dem nördlichen und südlichen Himmelsgewölbe ergibt sich, daß die Fixsterne von der 5. und 6. Ordnung herab bis unter die 10. und 15. Größe (besonders also die teleskopischen) an Dichtigkeit regelmäßig zunehmen, je nachdem man sich den Ringen der Milchstraße (ὁ γαλαξίας κύκλος) nähert, daß es demnach Pole des Sternreichtums und Pole der Sternarmut gibt, letztere rechtwinkelig der Hauptachse der Milchstraße. Die Dichte des Sternlichtes ist am kleinsten in den Polen des galaktischen Kreises, sie nimmt aber zu, erst langsam und dann schneller und schneller, von allen Seiten mit der galaktischen Polardistanz.

Durch eine scharfsinnige und sorgfältige Behandlung der Resultate der vorhandenen Eichungen findet Struve, daß, im Mittel, im Inneren der Milchstraße, 29,4mal (fast 30mal) so viel Sterne liegen als in den Regionen, welche die Pole der Milchstraße umgeben. Bei nördlichen galaktischen Polardistanzen von 0°, 30°, 60°, 75° und 90° sind die Verhältniszahlen der Sterne in einem Felde des Teleskops von 15′ Durchmesser: 4,15, 6,52, 17,68, 30,30 und 122,00. In der Vergleichung beider Zonen findet sich trotz großer Aehnlichkeit in dem Gesetze der Zunahme des Sternreichtums doch wieder ein absolutes Uebergewicht der Sternmenge auf seiten des schöneren südlichen Himmels.

Als ich im Jahre 1843 den Ingenieurhauptmann Schwinck freundschaftlich aufforderte, mir die Verteilung der 12 148 Sterne (1^m bis 7^m inklusive), welche er auf Bessels Anregung in seine Mappa coelestis eingetragen, nach Rektaszensionsverschiedenheit mitzuteilen, fand er in vier Gruppen:

Rektasz.	von	50°	bis	140°	Zahl	der	Sterne	3147
"	"	140°	"	230°	"	"	"	2627
"	"	230°	"	320°	"	"	"	3523
"	"	320°	"	50°	"	"	"	2851.

Diese Gruppen stimmen mit den noch genaueren Resultaten der Etudes stellaires überein, nach denen von Sternen 1^m bis 9^m die Maxima in Rektasz. in 6^h 40′ und 18^h 40′, die Minima in 1^h 30′ und 13^h 30′ fallen.[31]

Unter der zahllosen Menge von Sternen, welche an dem Himmel glänzen, sind wesentlich voneinander zu unterscheiden, in Hinsicht auf die mutmaßliche Gestaltung des Weltbaues und auf die Lage oder Tiefe der Schichten geballter Materie: die einzeln, sporadisch, zerstreuten Fixsterne, und diejenigen, welche man in abgesonderte selbständige Gruppen zusammengedrängt findet. Die letzteren sind Sternhaufen oder Sternschwärme, die oft viele Tausende von teleskopischen Sternen in erkennbarer Beziehung zu einander enthalten und die dem unbewaffneten Auge bisweilen als runde Nebel, kometenartig leuchtend, erscheinen. Das sind die nebligen Sterne des Eratosthenes und Ptolemäus, die nebulosae der Alfonsinischen Tafeln von 1252 und die des Galilei, welche (wie es im Nuncius sidereus heißt) sicut areolae sparsim per aethera subfulgent.

Die Sternhaufen selbst liegen entweder wiederum vereinzelt am Himmel, oder eng und ungleich, wie schichtenweise,

zusammengedrängt, in der Milchstraße und in den beiden Magelhaensschen Wolken. Der größte und gewiß für die Konfiguration der Milchstraßenringe bedeutsamste Reichtum von runden Sternhaufen (globular clusters) findet sich in einer Region des südlichen Himmels zwischen der Corona australis, dem Schützen, dem Schwanz des Skorpions und dem Altar (RA. 16^h 45′ bis 19^h). Aber nicht alle Sternhaufen in oder nahe der Milchstraße sind rund und kugelförmig; es gibt dort auch mehrere von unregelmäßigen Umrissen, wenig reich an Sternen und mit einem nicht sehr dichten Centrum. In vielen runden Sterngruppen sind die Sterne von gleicher Größe, in anderen sind sie sehr ungleich. In einigen seltenen Fällen zeigen sie einen schönen rötlichen Centralstern (RA. 2^h 10′, nördl. Dekl. 56° 21′). Wie solche Weltinseln mit allen darin wimmelnden Sonnen frei und ungestört rotieren können, ist ein schwieriges Problem der Dynamik. Nebelflecke und Sternhaufen, wenn auch von den ersteren jetzt sehr allgemein angenommen wird, daß sie ebenfalls aus sehr kleinen, aber noch ferneren Sternen bestehen, scheinen doch in ihrer örtlichen Verteilung verschiedenen Gesetzen unterworfen. Die Erkenntnis dieser Gesetze wird vorzugsweise die Ahnungen über das, was man kühn den Himmelsbau zu nennen pflegt, modifizieren. Auch ist die Beobachtung sehr merkwürdig, daß runde Nebelflecke sich bei gleicher Oeffnung und Vergrößerung des Fernrohrs leichter in Sternhaufen auflösen als ovale.

Von den wie in sich abgeschlossenen Systemen der Sternhaufen und Sternschwärme begnügen wir uns hier zu nennen:

die Plejaden, gewiß den rohesten Völkern am frühesten bekannt, das Schiffahrtsgestirn, Pleias ἀπὸ τοῦ πλεῖν: wie der alte Scholiast des Aratus wohl richtiger etymologisiert als neuere Schriftsteller, die den Namen von der Fülle, von πλέος, herleiten; die Schiffahrt des Mittelalters dauerte vom Mai bis Anfang November, vom Frühaufgange bis zum Frühuntergang der Plejaden;

die Krippe im Krebs, nach Plinius nubecula quam Praesepia vocant inter Asellos, ein νεφέλιον des Pseudo-Eratosthenes;

den Sternhaufen am Schwerthandgriff des Perseus, von den griechischen Astronomen oft genannt;

das Haupthaar der Berenice; wie die drei vorigen dem bloßen Auge sichtbar;

Sternhaufen in der Nähe des Arcturus (Nr. 1663), teleskopisch; RA. 13^h 34′ 12″, nördl. Dekl. 29° 14′; mehr als tausend Sternchen 10. bis 12. Größe;

Sternhaufen zwischen η und ζ Herculis; in hellen Nächten dem bloßen Auge sichtbar, im Fernrohr ein prachtvoller Gegenstand (Nr. 1968), mit sonderbar strahlförmig auslaufendem Rande; RA. 16^h 35′ 37″, nördl. Dekl. 36° 47′; von Halley 1714 zuerst beschrieben;

Sternhaufen bei ω des Centauren; von Halley schon 1677 beschrieben, dem bloßen Auge erscheinend wie ein kometenartiger runder Flecken, fast leuchtend als ein Stern 4^m bis 5^m; in mächtigen Fernröhren erscheint er aus zahllosen Sternchen 13. bis 15. Größe zusammengesetzt, welche sich gegen die Mitte verdichten; RA. 13^h 16′ 38″, südl. Dekl. 46° 35; in Sir John Herschels Katalog der Sternhaufen des südlichen Himmels Nr. 3504, im Durchmesser 15′ (Kapreise p. 21 und 105, Outl. of Astr. p. 595);

Sternhaufen bei κ des südlichen Kreuzes (Nr. 3435): zusammengesetzt aus vielfarbigen Sternchen 12. bis 16. Größe, welche auf eine Aera von $^1/_{48}$ eines Quadratgrades verteilt sind; nach Lacaille ein Nebelstern, aber durch Sir John Herschel so vollständig aufgelöst, daß gar kein Nebel übrig blieb; der Centralstern gesättigt rot (Kapreise p. 17 und 102 Pl. 1, fig. 2);

Sternhaufen 47 Toucani Bode; Nr. 2322 des Katalogs von Sir John Herschel, eines der merkwürdigsten Objekte des südlichen Himmels. Es hat dasselbe auch mich einige Nächte kometenartig getäuscht, als ich zuerst nach Peru kam und es unter 12° südlicher Breite sich höher über den Horizont erheben sah. Die Sichtbarkeit für das unbewaffnete Auge ist um so größer, als der Sternhaufen des Toucan, von 15′ bis 20′ Durchmesser, zwar der kleinen Magelhaensschen Wolke nahe, aber auf einer ganz sternleeren Stelle steht. Er ist im Inneren blaßrosenrot, konzentrisch mit einem weißen Rande umgeben, aus Sternchen (14^m bis 16^m) und zwar von gleicher Größe zusammengesetzt, alle Kennzeichen der Kugelform körperlich darbietend.[32]

Sternhaufen am Gürtel der Andromeda bei ν dieser Konstellation. Die Auflösung des berühmten Nebelfleckes der Andromeda in Sternchen, von denen über 1500 erkannt worden sind, gehört zu den merkwürdigsten Entdeckungen in der beschauenden Astronomie unserer Zeit. Sie ist das Verdienst von George Bond, Gehilfen an der Sternwarte zu Cambridge in den Vereinigten Staaten (März 1848), und zeugt zugleich für die vortreffliche Lichtstärke des dort aufgestellten, mit einem Objektiv von 14 Pariser Zoll Durchmesser versehenen Refraktors, da selbst ein Reflektor von 18 Zoll Durchmesser des

Spiegels „noch keine Spur von der Anwesenheit eines Sternes ahnen läßt". Vielleicht ist der Sternhaufen in der Andromeda schon am Ende des 10. Jahrhunderts als ein Nebel von ovaler Form aufgeführt worden; sicherer ist es aber, daß Simon Marius (Mayer aus Gunzenhausen, derselbe, der auch den Farbenwechsel bei der Scintillation bemerkte) ihn am 15. Dezember 1612 als einen neuen, von Tycho nicht genannten, sternlosen, wundersamen Weltkörper erkannt und zuerst umständlich beschrieben hat. Ein halbes Jahrhundert später beschäftigte sich Boulliau, der Verfasser der Astronomia philolaica, mit demselben Gegenstande. Was diesem Sternhaufen, der 2½° Länge und über 1° Breite hat, einen besonderen Charakter gibt, sind die zwei merkwürdigen, unter sich und der Längenachse parallelen, sehr schmalen schwarzen Streifen, welche rißartig das Ganze nach Bonds Untersuchung durchsetzen. Diese Gestaltung erinnert lebhaft an den sonderbaren Längenriß in einem unaufgelösten Nebel der südlichen Hemisphäre, Nr. 3501, welchen Sir John Herschel beschrieben und abgebildet hat (Kapreise p. 20 und 105 Pl. IV, fig. 2).

Ich habe dieser Auswahl merkwürdiger Sternhaufen, trotz der wichtigen Entdeckungen, welche wir dem Lord Rosse und seinem Riesenreflektor zu verdanken haben, den großen Nebel im Gürtel des Orion noch nicht beigefügt, da es mir geeigneter zu sein scheint, von den in demselben bereits aufgelösten Teilen in dem Abschnitt von den Nebenflecken zu handeln.

Die größte Anhäufung von Sternhaufen, keineswegs von Nebelflecken, findet sich in der Milchstraße[33] (Galaxias, dem Himmelsflusse[34] der Araber), welche fast einen größten Kreis der Sphäre bildet und gegen den Aequator unter einem Winkel von 63° geneigt ist. Die Pole der Milchstraße liegen: RA. 12ʰ 47′, nördl. Dekl. 27° und RA. 0ʰ 47′, südl. Dekl. 27°, also als Nordpol nahe dem Haupthaar der Berenice, als Südpol zwischen Phönix und Walfisch. Wenn alle planetarischen örtlichen Verhältnisse auf die Ekliptik, auf den größten Kreis, in welchem die Ebene der Sonnenbahn die Sphäre durchschneidet, bezogen werden, so finden gleich bequem viele örtliche Beziehungen der Fixsterne (z. B. die ihrer Anhäufung oder Gruppierung) auf den fast größten Kreis der Milchstraße statt. In diesem Sinne ist dieselbe für die siderische Welt, was die Ekliptik vorzugsweise für die Planetenwelt unseres Sonnensystemes ist. Die Milchstraße schneidet den Aequator im Einhorn zwischen Procyon und

Sirius, RA. 6^h 54′ (für 1800), und in der linken Hand des Antinous, RA. 19^h 15′. Die Milchstraße teilt demnach die Himmelssphäre in zwei etwas ungleiche Hälften, deren Areale sich ungefähr wie 8 : 9 verhalten. In der kleineren Hälfte liegt der Frühlingspunkt. Die Breite der Milchstraße ist in ihrem Laufe sehr veränderlich. Wo sie am schmälsten und zugleich mit am glänzendsten ist, zwischen dem Vorderteil des Schiffes und dem Kreuze, dem Südpol am nächsten, hat sie kaum 3 bis 4 Grad Breite; an anderen Punkten 16°, und geteilt zwischen dem Schlangenträger und Antinous bis 22°. William Herschel hat bemerkt, daß, nach seinen Sterneichungen zu urteilen, die Milchstraße in vielen Regionen eine 7 bis 8 Grad größere Breite hat, als es uns der dem unbewaffneten Auge sichtbare Sternschimmer verkündigt.

Der Milchweiße der ganzen Zone hatte schon Huygens, welcher im Jahre 1656 seinen 23füßigen Refraktor auf die Milchstraße richtete, den unauflöslichen Nebel abgesprochen. Sorgfältigere Anwendung von Spiegelteleskopen der größten Dimension und Lichtstärke hat später noch sicherer erwiesen, was schon Demokritus und Manilius vom alten Wege des Phaethon vermuteten, daß der milchige Lichtschimmer allein den zusammengedrängten kleinen Sternschichten, nicht aber den sparsam eingemengten Nebelflecken zuzuschreiben sei. Dieser Lichtschimmer ist derselbe an Punkten, wo alles sich vollkommen in Sterne auflöst, und zwar in Sterne, die sich auf einen schwarzen, ganz dunstfreien Grund projizieren.[35] Es ist im allgemeinen ein merkwürdiger Charakter der Milchstraße, daß kugelförmige Sternhaufen (globular clusters) und Nebelflecke von regelmäßiger ovaler Form in derselben gleich selten sind,[36] während beide in sehr großer Entfernung von der Milchstraße sich angehäuft finden, ja in den Magelhaensschen Wolken isolierte Sterne, kugelförmige Sternhaufen in allen Zuständen der Verdichtung und Nebelflecke von bestimmt ovaler und von ganz unregelmäßiger Form miteinander gemengt sind. Eine merkwürdige Ausnahme von dieser Seltenheit kugelförmiger Sternhaufen in der Milchstraße bildet eine Region derselben zwischen RA. 16^h 45′ und 18^h 44′, zwischen dem Altar, der südlichen Krone, dem Kopf und Leibe des Schützen und dem Schwanz des Skorpions. Zwischen ε und ϑ des letzteren liegt selbst einer der am südlichen Himmel so überaus seltenen ringförmigen Nebel. In dem Gesichtsfelde mächtiger Teleskope (und man muß sich

erinnern, daß nach Schätzungen von Sir William Herschel ein 20füßiges Instrument 900, ein 40füßiges 2800 Siriusweiten eindringt) erscheint die Milchstraße ebenso verschiedenartig in ihrem siderالen Inhalte, als sie sich unregelmäßig und unbestimmt in ihren Umrissen und Grenzen dem unbewaffneten Auge darstellt. Wenn in einigen Strichen sie über weite Räume die größte Einförmigkeit des Lichtes und der scheinbaren Größe der Sterne darbietet, so folgen in anderen Strichen die glänzendsten Fleckchen eng zusammengedrängter Lichtpunkte, durch dunklere[37] sternarme Zwischenräume körnig oder gar netzförmig unterbrochen; ja in einigen dieser Zwischenräume, ganz im Inneren der Galaxis, ist auch nicht der kleinste Stern (18^m oder 20^m) zu entdecken. Man kann sich des Gedankens nicht erwehren, daß man dort durch die ganze Sternschicht der Milchstraße wirklich durchsehe. Wenn Sterneichungen eben erst im teleskopischen Gesichtsfelde (von 15′ Durchmesser) nur 40 bis 50 Sterne als Mittelzahl gegeben haben, so folgen bald daneben Gesichtsfelder mit 400 bis 500. Sterne von höherer Ordnung treten oft im feinsten Sternendunste auf, während alle mittleren Ordnungen fehlen. Was wir Sterne der niedrigsten Ordnung nennen, mögen uns nicht immer nur wegen ihres ungeheuren Abstandes als solche erscheinen, sondern auch weil sie wirklich von geringerem Volum und geringerer Lichtentwickelung sind.

Um die Kontraste der reicheren oder ärmeren Anhäufung von Sternen, des größten oder minderen Glanzes aufzufassen, muß man Regionen bezeichnen, die sehr weit voneinander entfernt liegen. Das Maximum der Anhäufung und der herrlichste Glanz findet sich zwischen dem Vorderteil des Schiffes und dem Schützen oder, genauer gesprochen, zwischen dem Altar, dem Schwanz des Skorpions, der Hand und dem Bogen des Schützen und dem rechten Fuß des Schlangenträgers. „Keine Gegend der ganzen Himmelsdecke gewährt mehr Mannigfaltigkeit und Pracht durch Fülle und Art der Gruppierung.“[38] Dieser südlichen Region kommt im Maximum am nächsten an unserem nördlichen Himmel die anmutige und sternreiche Gegend im Adler und Schwan, wo die Milchstraße sich teilt. So wie die größte Schmalheit unter den Fuß des Kreuzes fällt, ist dagegen die Region des Minimums des Glanzes (der Verödung der Milchstraße) in der Gegend des Einhorns wie in der des Perseus.

Die Pracht der Milchstraße in der südlichen Hemisphäre

wird noch durch den Umstand vermehrt, daß zwischen dem durch seine Veränderlichkeit so berühmt gewordenen Stern η Argûs und α Crucis, unter den Parallelen von 59 und 60° südl. Breite, die merkwürdige Zone sehr großer und wahrscheinlich uns sehr naher Gestirne, zu welcher die Konstellationen des Orion und des großen Hundes, des Skorpions, des Centauren und des Kreuzes gehören, die Milchstraße unter einem Winkel von 20° schneidet. Ein größter Kreis, der durch ε Orionis und den Fuß des Kreuzes gelegt wird, bezeichnet die Richtung dieser merkwürdigen Zone. Die, man möchte sagen, malerisch-landschaftliche Wirkung der Milchstraße wird in beiden Hemisphären durch ihre mehrfache Teilung erhöht. Sie bleibt ungefähr 2/5 ihres Zuges hindurch ungeteilt. In der großen Bifurkation trennen sich nach Sir John Herschel die Zweige bei α Centauri, nicht bei β Centauri, wie unsere Sternkarten angeben, oder beim Altar, wie Ptolemäus will;[39] sie kommen wieder zusammen im Schwan.

Um den ganzen Verlauf und die Richtung der Milchstraße mit ihren Nebenzweigen im allgemeinen übersehen zu können, geben wir hier in gedrängter Kürze eine Uebersicht, die nach der Folge der Rektaszensionen geordnet ist. Durch γ und ε Cassiopejae hindurchgehend sendet die Milchstraße südlich einen Zweig nach ε Persei, welcher sich gegen die Plejaden und Hyaden verliert. Der Hauptstrom, hier sehr schwach, geht über die Hoedi (Böckchen) im Fuhrmann, die Füße der Zwillinge, die Hörner des Taurus, das Sommer-Solstitium der Ekliptik und die Keule des Orion nach $6^h 54'$ RA. (für 1800), den Aequator an dem Halse des Einhorns schneidend. Von hier an nimmt die Helligkeit beträchtlich zu. Am Hinterteil des Schiffes geht ein Zweig südlich ab bis γ Argûs, wo derselbe plötzlich abbricht. Der Hauptstrom setzt fort bis 33° südl. Dekl., wo er, fächerförmig zerteilt (20° breit), ebenfalls abbricht, so daß in der Linie von γ nach λ Argûs sich eine weite Lücke in der Milchstraße zeigt. In ähnlicher Ausbreitung beginnt letztere nachher wieder, verengt sich aber an den Hinterfüßen des Centauren und vor dem Eintritte in das südliche Kreuz, wo sie ihren schmalsten Streifen von nur 3° oder 4° Breite bildet. Bald darauf dehnt sich der Lichtweg wieder zu einer hellen und breiten Masse aus, die β Centauri wie α und β Crucis einschließt und in deren Mitte der schwarze birnförmige Kohlensack liegt, dessen ich im 7. Abschnitt

näher erwähnen werde. In dieser merkwürdigen Region, etwas unterhalb des Kohlensackes, ist die Milchstraße dem Südpol am nächsten.

Bei α Centauri tritt die schon oben berührte Hauptteilung ein, eine Bifurkation, welche sich nach den älteren Ansichten bis zu dem Sternbild des Schwanes erhält. Zuerst, von α Centauri aus gerechnet, geht ein schmaler Zweig nördlich nach dem Wolf hinwärts, wo er sich verliert; dann zeigt sich eine Teilung beim Winkelmaß (bei γ Normae). Der nördliche Zweig bildet unregelmäßige Formen bis in die Gegend des Fußes des Schlangenträgers, wo er ganz verschwindet; der südlichste Zweig wird jetzt der Hauptstrom und geht durch den Altar und den Schwanz des Skorpions nach dem Bogen des Schützen, wo er in 276 ° Länge die Ekliptik durchschneidet. Weiterhin erkennt man ihn aber in unterbrochener, fleckiger Gestalt, fortlaufend durch den Adler, den Pfeil und den Fuchs bis zum Schwan. Hier beginnt eine sehr unregelmäßige Gegend, wo zwischen ε, α und γ Cygni eine breite, dunkle Leere sich zeigt, die Sir John Herschel[40] mit dem Kohlensack im südlichen Kreuze vergleicht und die wie ein Centrum bildet, von welchem drei partielle Ströme ausgehen. Einer derselben, von größerer Lichtstärke, kann gleichsam rückwärts über β Cygni und s Aquilae verfolgt werden, jedoch ohne sich mit dem bereits oben erwähnten, bis zum Fuß des Ophiuchus gehenden Zweige zu vereinigen. Ein beträchtlicher Ansatz der Milchstraße dehnt sich außerdem noch vom Kopfe des Cepheus, also in der Nähe der Kassiopeia, von welcher Konstellation an wir die Schilderung der Milchstraße begonnen haben, nach dem kleinen Bären und dem Nordpol hin aus.

Bei den außerordentlichen Fortschritten, welche durch Anwendung großer Teleskope allmählich die Kenntnis von dem Sterninhalte und der Verschiedenheit der Lichtkonzentration in einzelnen Teilen der Milchstraße gemacht hat, sind an die Stelle bloß optischer Projektionsansichten mehr physische Gestaltungsansichten getreten. Thomas Wright[41] von Durham, Kant, Lambert und zuerst auch William Herschel waren geneigt, die Gestalt der Milchstraße und die scheinbare Anhäufung der Sterne in derselben als eine Folge der abgeplatteten Gestalt und ungleichen Dimensionen der Weltinsel (Sternschicht) zu betrachten, in welche unser Sonnensystem eingeschlossen ist. Die Hypothese von der gleichen Größe und gleichartigen Verteilung der Fixsterne ist neuerdings vielseitig erschüttert worden.[42]

Der kühne und geistreiche Erforscher des Himmels, William Herschel hat sich in seinen letzten Arbeiten für die Annahme eines Ringes von Sternen entschieden, die er in seiner schönen Abhandlung vom Jahre 1784 bestritt. Die neuesten Beobachtungen haben die Hypothese von einem System voneinander abstehender konzentrischer Ringe begünstigt. Die Dicke dieser Sternringe scheint sehr ungleich, und die einzelnen Schichten, deren vereinten stärkeren oder schwächeren Lichtglanz wir empfangen, liegen gewiß in sehr verschiedenen Höhen, d. h. in verschiedenen Entfernungen von uns: aber die relative Helligkeit der einzelnen Sterne, die wir von 10. bis 16. Größe schätzen, kann nicht in der Art als maßgebend für die Entfernung betrachtet werden, daß man befriedigend den Radius der Abstandssphäre numerisch daraus bestimmen könnte.

In vielen Gegenden der Milchstraße genügt die raumdurchdringende Kraft der Instrumente, ganze Sternwolken aufzulösen und die einzelnen Lichtpunkte auf die dunkle, sternlose Himmelsluft projiziert zu sehen. Wir blicken dann wirklich durch wie ins Freie. „It leads us,“ sagt Sir John Herschel, „irresistibly to the conclusion, that in these regions we see *fairly through* the starry stratum.“ [43] In anderen Gegenden sieht man wie durch Oeffnungen und Spalten, sei es auf ferne Weltinseln oder weit auslaufende Zweige des Ringsystems; in noch anderen ist die Milchstraße bisher unergründlich (fathomless, insondable) geblieben, selbst für das 40füßige Teleskop. [44] Untersuchungen über die ungleichartige Lichtintensität der Milchstraße wie über die Größenordnungen der Sterne, welche von den Polen der Milchstraße zu ihr selbst hin an Menge regelmäßig zunehmen (die Zunahme wird vorzugsweise 30° auf jeder Seite der Milchstraße in Sternen unterhalb der 11. Größe, also in $^{16}/_{17}$ aller Sterne, bemerkt), haben den neuesten Erforscher der südlichsten Himmelssphäre zu merkwürdigen Ansichten und wahrscheinlichen Resultaten über die Gestalt des galaktischen Ringsystems und über das geleitet, was man kühn die Stelle der Sonne in der Weltinsel nennt, welcher jenes Ringsystem angehört. Der Standort, den man der Sonne anweist, ist exzentrisch, vermutlich da, wo eine Nebenschicht sich von dem Hauptringe abzweigt, in einer der verödeteren Regionen, die dem südlichen Kreuze näher liegt als dem entgegengesetzten Knoten der Milchstraße. [45] „Die Tiefe, zu der unser

Sonnensystem in das Sternstratum, welches die Milchstraße bildet, eingetaucht liegt, soll dazu (von der südlichen Grenzoberfläche an gerechnet) dem Abstande oder Lichtwege von Sternen der 9. und 10., nicht der 11. Größe gleich sein." Wo, der eigentümlichen Natur gewisser Probleme nach, Messungen und unmittelbare sinnliche Wahrnehmungen fehlen, ruht nur wie ein Dämmerlicht auf Resultaten, zu welchen, ahnungsvoll getrieben, die geistige Anschauung sich erhebt.

Anmerkungen.

[1] (S. 103.) Heis versichert, daß an dem im mittleren Europa sichtbaren Teil des Himmels nicht mehr als 4 bis 5000 Sterne gezählt werden können. Zu Münster zählte er 5421 Sterne. Da in Münster acht Zehntel des Himmels sichtbar sind, so würde unter der Annahme, daß der Rest der Halbkugel ebenso dicht mit Sternen bedeckt ist, als der übrige Himmel, die Gesamtzahl der sichtbaren Sterne 6800 betragen [D. Herausg.]

[2] (S. 103.) Ich kann nicht versuchen, in eine Anmerkung alle Gründe zusammenzudrängen, auf welche sich Argelanders Ansichten stützen. Es wird hinlänglich sein, aus seinen freundschaftlichen Briefen an mich hier folgendes mitzuteilen: „Sie haben in früheren Jahren (1843) den Hauptmann Schwinck aufgefordert, nach Maßgabe der auf seine Mappa coelestis aufgetragenen Sterne die Zahl derer zu schätzen, welche 1. bis 7. Größe (letztere eingeschlossen) das ganze Himmelsgewölbe zu enthalten scheint. Er findet von -30^0 bis $+90^0$ nördlicher Abweichung 12148 Sterne; folglich, in der Voraussetzung, daß die Anhäufung vom 30^0 südlicher Abweichung bis zum Südpol dieselbe sei, am ganzen Firmament 16200 Sterne von den eben genannten Größen. Diese Schätzung scheint auch mir der Wahrheit sehr nahe zu kommen. Es ist bekannt, daß, wenn man nur die ganze Masse betrachtet, jede folgende Klasse ungefähr dreimal so viel Sterne enthält als die vorhergehende. Nun habe ich nördlich von dem Aequator in meiner Uranometrie 1441 Sterne 6^m, woraus für den ganzen Himmel etwa 3000 folgen würden; hierin sind aber die Sterne $6 . 7^m$ nicht einbegriffen, welche man, wenn nur ganze Klassen gezählt werden, noch zu der sechsten Klasse rechnen müßte. Ich glaube, daß man diese zu 1000 annehmen könne, so daß man 4000 Sterne 6^m hätte, und also nach der obigen Regel 12000 Sterne 7^m, oder 18000 Sterne von 1^m bis 7^m inkl. Etwas näher komme ich durch andere Betrachtungen über die Zahl der Sterne 7^m, welche ich in meinen Zonen verzeichnet habe, nämlich 2251, bei Berücksichtigung der darunter doppelt oder mehrfach beobachteten und der wahrscheinlich übersehenen. Ich finde auf diesem Wege zwischen 45^0 und 80^0 nördl. Dekl. 2340 Sterne 7^m, und daraus für den ganzen

Himmel gegen 17000 Sterne. — Struve gibt die Zahl der Sterne bis 7^m in der von ihm durchmusterten Himmelsgegend (von -15^0 zu $+90^0$) zu 13400 an, woraus für den ganzen Himmel 21300 folgen würden. Nach der Einleitung zu Weißes Catol. e zonis Regiomontanis ded. p. XXXII findet Struve in dem Gürtel von -15^0 bis $+15^0$ nach einer Wahrscheinlichkeitsrechnung 3903 Sterne 1^m bis 7^m, also am ganzen Himmel 15050. Die Zahl ist geringer, weil Bessel die helleren Sterne um fast eine halbe Größe geringer schätzte als ich. Es ist hier nur ein Mittelwert zu erhalten, und dieser würde also wohl 18000 von 1^m bis 7^m inkl. sein. Sir John Herschel spricht in der Stelle der Outlines of Astronomy p. 521, an die Sie mich erinnern, nur von bereits eingetragenen Sternen: „The whole number of stars already registered down to the seventh magnitude, inclusive, amounting to from 12000 to 15000.“ Was die schwächeren Sterne 8^m und 9^m betrifft, so findet Struve in dem oben bezeichneten Gürtel von -15^0 bis $+15^0$: Sterne 8. Größe 10557, Sterne 9. Größe 37739; folglich für den ganzen Himmel 40800 Sterne 8^m und 145800 Sterne 9^m. Wir hätten also von Struve von 1. bis 9. Größe inkl. 15100 + 40800 + 145800 = 201700 Sterne. Diese Zahlen hat Struve gefunden, indem er diejenigen Zonen oder Teile von Zonen, welche dieselben Himmelsgegenden umfaßten, sorgfältig verglich, und aus der Zahl der in denselben gemeinschaftlichen und der in jeder verschiedenen Sterne nach der Wahrscheinlichkeitsrechnung auf die Zahl der wirklich vorhandenen Sterne schloß. Da hierbei eine große Zahl von Sternen konkurriert hat, so verdient diese Rechnung sehr viel Vertrauen. — Bessel hat in seinen sämtlichen Zonen zwischen -15^0 und $+45^0$, nach Abzug der doppelt oder mehrfach beobachteten und der Sterne 9.10^m, etwa 61000 verschiedene Sterne 1^m bis 9^m inkl. verzeichnet, woraus, mit Berücksichtigung der nach der Wahrscheinlichkeit übersehenen, etwa 101500 der genannten Größen in diesem Teile des Himmels folgen würden. Meine Zonen enthalten zwischen $+45^0$ und $+80^0$ etwa 22000 verschiedene Sterne, davon müssen aber etwa 3000 von 9.10^m abgezogen werden, bleiben 19000. Meine Zonen sind etwas reicher als die Besselschen, und ich glaube daher in ihren Grenzen ($+45^0$ und $+80^0$) überhaupt nicht mehr als 28500 wirklich existierende Sterne annehmen zu können, so daß wir also 130000 Sterne bis zur 9^m inkl. zwischen -15^0 und $+80^0$ hätten. Dies ist aber 0,62181 des ganzen Himmels; und wir fänden bei gleichmäßiger Verteilung am ganzen Firmament 209000 Sterne, also wieder nahe dieselbe Zahl wie nach Struve, vielleicht selbst eine nicht unbedeutend größere, da Struve die Sterne 9.10^m zu den Sternen 9^m gerechnet hat. — Die Zahlen, die wir nach meiner Ansicht für den ganzen Himmel annehmen können, wären also 1^m 20, 2^m 65, 3^m 190, 4^m 425, 5^m 1100, 6^m 3200, 7^m 13000, 8^m 40000, 9^m 142000; zusammen von 1. bis

9. Größe inkl. 200000 Sterne. — Wenn Sie mir einwerfen, daß Lalande die Zahl der von ihm beobachteten mit bloßen Augen sichtbaren Sterne zu 6000 angibt, so bemerke ich hierauf, daß darunter sehr viele doppelt und mehrfach beobachtete vorkommen, und daß man nach Weglassung dieser zu der Zahl von nur ungefähr 3800 Sternen in dem zwischen $-26^0\ 30'$ und $+90^0$ liegenden Teile des Himmels, welchen Lalandes Beobachtungen umfassen, gelangt. Da dieses 0,72310 des ganzen Himmels ist, so würden sich für diesen wieder 5255 mit bloßen Augen sichtbare Sterne ergeben. Eine Durchmusterung der aus sehr heterogenen Elementen zusammengesetzten Uranographie von Bode (17240 Sterne) gibt nach Abzug der Nebelflecke und kleineren Sterne, sowie der zu 6. Größe erhobenen Sterne 6 . 7. Größe nicht über 5600 von 1^m bis 6^m inkl. Eine ähnliche Schätzung nach den von La Caille zwischen dem Südpol und dem Wendekreise des Steinbocks verzeichneten Sternen 1^m bis 6^m reduziert sich für den ganzen Himmel, in zwei Grenzen von 3960 und 5900, wieder auf die Ihnen früher gegebenen mittleren Resultate. Sie sehen, daß ich mich gern bestrebt habe, Ihren Wunsch einer gründlicheren Untersuchung der Zahlen zu erfüllen. Ich darf hinzufügen, daß Herr Oberlehrer Heis in Aachen seit mehreren Jahren mit einer überaus sorgfältigen Umarbeitung meiner Uranometrie beschäftigt ist. Nach dem, was von dieser Arbeit bereits vollendet worden, und nach den beträchtlichen Vermehrungen meiner Uranometrie, welche ein mit schärferem Sehorgan begabter Beobachter erlangt hat, finde ich für die nördliche Halbkugel des Himmels 2836 Sterne 1^m bis 6^m inkl., also, bei der Voraussetzung gleicher Verteilung, für das ganze Firmament wieder 5672 dem schärfsten Auge sichtbare Sterne." (Aus Handschriften von Professor Argelander, März 1850.)

[3] (S. 103.) Schubert rechnet Sterne bis zur 6. Größe am ganzen Himmel 7000 (fast wie ich ehemals im Kosmos Bd. I, S. 107) und für den Horizont von Paris über 5000; in der ganzen Sphäre bis zur 9. Größe 70000. Alle diese Angaben sind beträchtlich zu hoch. Argelander findet von 1^m bis 8^m nur 58000.

[4] (S. 104.) „Patrocinatur vastitas caeli, immensa discreta altitudine in duo atque septuaginta signa. Haec sunt rerum et animantium effigies, in quas digessere caelum periti. In his quidem mille sexcentas adnotavere stellas, insignes videlicet effectu visuve ...." Plin. II, 41. — „Hipparchus nunquam satis laudatus, ut quo nemo magis approbaverit cognationem cum homine siderum animasque nostras partem esse caeli, novam stellam et aliam in aevo suo genitam deprehendit, ejusque motu, qua die fulsit, ad dubitationem est adductus, anne hoc saepius fieret moverenturque et eae quas putamus affixas; itemque ausus rem etiam Deo improbam, adnumerare posteris stellas ac sidera ad nomen expungere, organis excogitatis, per quae singularum loca atque magni-

tudines signaret, ut facile discerni posset ex eo, non modo an obirent nascerenturve, sed an omnino aliqua transirent moverenturve, item an crescerent minuerenturque, caelo in hereditate cunctis relicto, si quisquam qui cretionem eam caperet inventus esset.“ Plin. II, 26.

[5] (S. 105.) Aratus hat das seltene Geschick gehabt, fast zugleich von Ovidius und vom Apostel Paulus zu Athen, in einer ernsteren, gegen die Epikureer und Stoiker gerichteten Rede, gepriesen zu werden. Paulus nennt zwar nicht den Namen selbst, erwähnt aber unverkennbar eines Verses aus dem Aratus über die innige Gemeinschaft des Sterblichen mit der Gottheit.

[6] (S. 105.) Von den Jahren unserer Zeitrechnung, an welche die Beobachtungen des Aristyllus wie die Sterntafeln des Hipparchus (128, nicht 140 vor Chr.) und Ptolemäus (138 nach Chr.) zu knüpfen sind, handelt auch Baily in den Memoirs of the Astron. Soc. Vol XIII, 1843, p. 12 und 15.

[7] (S. 105.) Die Behauptung, daß, wenn auch Hipparch immer die Sterne nach ihrer Geradaufsteigung und Deklination bezeichnet habe, doch sein Sternkatalog wie der des Ptolemäus nach Längen und Breiten geordnet gewesen sei, hat wenig Wahrscheinlichkeit, und steht im Widerspruch mit Almagest Buch VII, cap. 4, wo die Beziehungen auf die Ekliptik als etwas Neues, die Kenntnis der Bewegung der Fixsterne um die Pole der Ekliptik Erleichterndes dargestellt werden. Die Sterntafel mit beigesetzten Längen, welche Petrus Victorius in einem mediceischen Kodex gefunden und mit dem Leben des Aratus zu Florenz 1567 herausgegeben, wird von diesem allerdings dem Hipparch zugeschrieben, aber ohne Beweis. Sie scheint eine bloße Abschrift des Ptolemäischen Verzeichnisses aus einer alten Handschrift des Almagest, mit Vernachlässigung aller Breiten. Da Ptolemäus eine unvollkommene Kenntnis von der Quantität des Zurückweichens der Aequinoktial- und Solstitialpunkte hatte und dieselbe ungefähr um $^{28}/_{100}$ zu langsam annahm, so stellt sein Verzeichnis, das er für den Anfang der Regierung Antonins bestimmte, die Oerter der Sterne für eine viel frühere Epoche (für das Jahr 63 nach Chr.) dar. Die frühere Epoche, für die das Ptolemäische Sternverzeichnis, seinem Verfasser unbewußt, das Firmament darstellt, fällt übrigens sehr wahrscheinlich mit der Epoche zusammen, in welche man die Katasterismen des Pseudo-Eratosthenes versetzen kann, welche, wie ich schon an einem anderen Orte bemerkt habe, später als der Augusteische Hygin sind, aus ihm geschöpft scheinen und dem Gedichte Hermes des echten Eratosthenes fremd bleiben. Diese Katasterismen des Pseudo-Eratosthenes enthalten übrigens kaum 700 einzelne Sterne unter die mythischen Konstellationen verteilt.

[8] (S. 106.) Von den ilkhanischen Tafeln besitzt die Pariser Bibliothek ein Manuskript von der Hand des Sohnes von Naßir-Eddin. Sie führen ihren Namen von dem Titel Ilkhan,

welchen die in Persien herrschenden tatarischen Fürsten angenommen hatten.

[9] (S. 106.) In meinen Untersuchungen über den relativen Wert der astronomischen Ortsbestimmungen von Innerasien habe ich nach den verschiedenen arabischen und persischen Handschriften der Pariser Bibliothek die Breiten von Samarkand und Bokhara angegeben. Ich habe wahrscheinlich gemacht, daß die erstere größer als 39° 52′ ist, während die meisten und besseren Handschriften von Ulugh Beg 39° 37′, ja das Kitab al-athual von Alfares und der Kanun des Albyruni 40° haben. Ich glaube von neuem darauf aufmerksam machen zu müssen, wie wichtig es für die Geographie und für die Geschichte der Astronomie wäre, endlich einmal die Position von Samarkand in Länge und Breite durch eine neue und glaubwürdige Beobachtung bestimmen zu lassen. Die Breite von Bokhara kennen wir durch Sternkulminationen aus der Reise von Burnes. Sie gaben 39° 43′ 41″. Die Fehler der zwei schönen persischen und arabischen Handschriften (Nr. 164 und 2460) der Pariser Bibliothek sind also nur sieben bis acht Minuten; aber der immer in seinen Kombinationen so glückliche Major Rennell hatte sich für Bokhara um 19′ geirrt.

[10] (S. 109.) Ich dränge hier in eine Note die numerischen Angaben aus den Sternverzeichnissen zusammen, die minder große Massen, eine kleinere Zahl von Positionen enthalten. Es folgen die Namen der Beobachter mit Beisatz der Zahl der Ortsbestimmungen: La Caille (er beobachtete kaum zehn Monate 1751 und 1752, mit nur achtmaliger Vergrößerung) 9766 südliche Sterne bis 7^m inkl., reduziert auf das Jahr 1750 von Henderson; Tobias Mayer 998 Sterne für 1756; Flamsteed ursprünglich 2866, aber durch Bailys Sorgfalt mit 564 vermehrt; Bradley 3222, von Bessel auf das Jahr 1755 reduziert; Pond 1112; Piazzi 7646 Sterne, für 1800; Groombridge 4243, meist Cirkumpolarsterne, für 1810; Sir Thomas Brisbane und Rümker 7385 in den Jahren 1822 bis 1828 in Neuholland beobachtete südliche Sterne; Airy 2156 Sterne, auf das Jahr 1845 reduziert; Rümker 12000, am Hamburger Horizont; Argelander (Kat. von Abo) 560; Taylor (Madras) 11015. Der British Association Catalogue of Stars, 1845 unter Bailys Aufsicht bearbeitet, enthält 8377 Sterne von Größe 1 bis 7½. Für die südlichsten Sterne besitzen wir noch die reichen Verzeichnisse von Henderson, Fallows, Maclear und Johnson auf St. Helena.

[11] (S. 113.) Letronne a. a. O. p. 25 und Carteron, Analyse des recherches de Mr. Letronne sur les représentations zodiacales 1843, p. 119. „Il est très douteux qu'Eudoxe (Ol. 103) ait jamais employé le mont ζωδιακός. On le trouve pour la première fois dans Euclide et dans le Commentaire d'Hipparque sur Aratus (Ol. 160). Le nom d'écliptique, ἐκλειπτικός, est aussi for récent.“

[12] (S. 113.) Auch Ideler und Lepsius halten für wahrscheinlich, „daß zwar die Kenntnis des chaldäischen Tierkreises sowohl der Einteilung als dem Namen nach bereits im 7. Jahrhundert vor unserer Zeitrechnung zu den Griechen gelangt, die Aufnahme aber der einzelnen Zodiakalbilder in die griechische astronomische Litteratur erst später und allmählich erfolgt sei". Ideler ist geneigt zu glauben, daß die Orientalen für die Dodekatomerie Namen ohne Sternbilder hatten; Lepsius hält es für die natürlichste Annahme, „daß die Griechen zu einer Zeit, wo ihre Sphäre größtenteils leer war, auch die chaldäischen Sternbilder, nach welchen die zwölf Abteilungen genannt waren, den ihrigen zugefügt haben". Könnte man aber nicht bei dieser Voraussetzung fragen, warum die Griechen anfangs nur elf Zeichen hatten, warum nicht alle zwölf der chaldäischen Dodekatomerie? Hätten sie zwölf Bilder überkommen, so würden sie doch wohl nicht eines weggeschnitten haben, um es später wieder zuzufügen.

[13] (S. 114.) Schon 1812, als ich auch noch der Meinung von einer sehr alten Bekanntschaft der Griechen mit dem Zeichen der Wage zugethan war, habe ich in einer sorgfältigen Arbeit, die ich über alle Stellen des griechischen und römischen Altertums geliefert, in welchen der Name der Wage als Zodiakalzeichens vorkommt, auf jene Stelle bei Hipparch, in welcher von dem θηρίον die Rede ist, das der Centaur (an dem Vorderfuß) hält, wie auf die merkwürdige Stelle des Ptolemäus lib. IX, cap. 7 hingewiesen. In der letzteren wird die südliche Wage mit dem Beisatz κατὰ Χαλδαίους genannt und den Skorpionsscheren entgegengesetzt in einer Beobachtung, die gewiß nicht in Babylon, sondern von den in Syrien und Alexandrien zerstreuten astrologischen Chaldäern gemacht war. Buttmann wollte, was wenig wahrscheinlich ist, daß die χηλαὶ ursprünglich die beiden Schalen der Wage bedeutet hätten und später durch ein Mißverständnis in die Scheren eines Skorpions umgewandelt wurden. Auffallend bleibt es mir immer, bei der Analogie zwischen vielen Namen der 27 Mondhäuser und der Dodekatomerie des Tierkreises, daß unter den gewiß sehr alten indischen Nakschatras (Mondhäusern) sich ebenfalls das Zeichen der Wage befindet.

[14] (S. 114.) Adolf Holtzmann über den griechischen Ursprung des indischen Tierkreises 1841, S. 9, 16 und 23. „Die aus dem Amarakoscha und Ramayana angeführten Stellen," heißt es in der letztgenannten Schrift, „sind von unzweifelhafter Auslegung, sie sprechen in den deutlichsten Ausdrücken vom Tierkreise selbst; aber wenn die Werke, in denen sie enthalten, früher verfaßt sind, als die Kunde des griechischen Tierkreises nach Indien gelangen konnte, so ist genau zu untersuchen, ob jene Stellen nicht jüngere Zusätze sind."

[15] (S. 114.) Bei Gelegenheit der förmlichen Unterhandlungen Lalandes mit Bode über die Einführung seiner Hauskatze und

eines Erntehüters (Messier!) klagt Olbers darüber, daß, „um für Friedrichs Ehre am Himmel Raum zu finden, die Andromeda ihren rechten Arm an eine andere Stelle legen mußte, als derselbe seit 3000 Jahren eingenommen hatte."

[16] (S. 115.) Plut. De plac. Phil. II, 11; Diog. Laert. VIII, 77; Achilles Tat. ad. Arat., cap. 5: Εμπ., κρυσταλλώδη τοῦτον (τὸν οὐρανὸν) εἶναι φησιν, ἐκ τοῦ παγετώδους συλλεγέντα; ebenso findet sich nur der Ausdruck kristallartig bei Diog. und Galenus, Empedocles, Lactantius, De opificio Dei, c. 17: „an, si mihi quispiam dixerit *aeneum* esse coelum, aut *vitreum,* aut, Empedocles ait, aërem *glaciatum,* statimne assentiar, quia coelum ex qua materia sit, ignorem?" Für dies coelum vitreum gibt es kein auf uns gekommenes frühes hellenisches Zeugnis; denn nur ein Himmelskörper, die Sonne, wird von Philolaus ein glasartiger Körper genannt, welcher die Strahlen vom Centralfeuer empfängt und uns zuwirft. (Die oben im Text bezeichnete Ansicht des Empedokles von Reflexion des Sonnenlichts durch den hagelartig geronnenen Mondkörper ist von Plutarch erwähnt apud Euseb. Praep. Evangel. I, p. 24 D und de facie in orbe Lunae cap. 5.) Wenn in Homer und Pindar der Uranos χάλκεος und σιδήρεος heißt, so bezieht sich der Ausdruck, wie in dem ehernen Herzen und in der ehernen Stimme, nur auf das Feste, Dauernde, Unvergängliche. Das Wort κρύσταλλος, auf den eisartig durchsichtigen Bergkristall angewandt, findet sich wohl zuerst vor Plinius bei Dionysius Periegetes, Aelian und bei Strabo. Die Meinung, daß die Idee des kristallenen Himmels als Eisgewölbes (aër glaciatus des Lactantius) mit der den Alten durch Bergreisen und den Anblick von Schneebergen wohlbekannten Wärmeabnahme der Luftschichten von unten nach oben entstanden sei, wird dadurch widerlegt, daß man sich über der Grenze des eigentlichen Luftkreises den feurigen Aether und die Sterne an sich als warm dachte. — Bei Erwähnung der Himmelstöne, welche „nach den Pythagoreern die Menschen darum nicht vernehmen, weil sie kontinuierlich sind, und Töne nur vernommen werden, wenn sie durch Stillschweigen unterbrochen sind", behauptet Aristoteles sonderbar genug, daß die Bewegung der Sphären Wärme in der unter ihnen liegenden Luft erzeugt, ohne sich selbst zu erhitzen. Ihre Schwingungen bringen Wärme, keine Töne hervor. „Die Bewegung der Fixsternsphäre ist die schnellste, während diese Sphäre und die an sie gehefteten Körper im Kreise sich herumschwingen, wird immer der zunächst unten liegende Raum durch die Sphärenbewegung in Hitze gebracht, und es erzeugt sich die bis zur Erdoberfläche herab verbreitete Wärme." Auffallend ist es mir immer gewesen, daß der Stagirite stets das Wort Kristallhimmel vermeidet, da der Ausdruck: angeheftete Sterne, ἐνδεδεμένα ἄστρα, dessen er sich bedient, doch auf den allgemeinen Begriff fester Sphären hindeutet, ohne aber die Art der

Materie zu spezifizieren. Cicero selbst läßt sich über diese auch nicht vernehmen, aber in seinem Kommentator **Macrobius** findet man Spuren freierer Ideen über die mit der Höhe abnehmende Wärme. Nach ihm sind die äußersten Zonen des Himmels von ewiger Kälte heimgesucht. „Ita enim non solum terram sed ipsum quoque coelum, quod vere mundus vocatur, temperari a sole certissimum est, ut extremitates ejus, quae a via solis longissime recesserunt, omni careant beneficio caloris et una frigoris perpetuitate torpescant.“ Diese extremitates coeli, in welche der Bischof von Hippo eine Region eiskalter Wasser, dem obersten und darum kältesten aller Planeten, Saturn, nahe, verlegte, sind immer noch der eigentliche Luftkreis; denn höher über dieser äußersten Grenze liegt erst, nach einer etwas früheren Aussage des **Macrobius**, der feurige Aether, welcher, rätselhaft genug, jener ewigen Kälte nicht hinderlich ist. „Stellae, supra coelum locatae, in ipso purissimo aethere sunt, in quo omne, quidquid est, lux naturalis et sua est (der Sitz selbstleuchtender Gestirne), quae tota cum igne suo ita sphaerae solis incumbit, ut coeli zonae, quae procul a sole sunt, perpetuo frigore oppressae sint.“ Wenn ich hier den physikalischen und meteorologischen Ideenzusammenhang bei Griechen und Römern so umständlich entwickele, so geschieht es nur, weil diese Gegenstände außer den Arbeiten von Ukert, Henri Martin und dem vortrefflichen Fragmente der **Meteorologia veterum** von Julius **Ideler** bisher so unvollständig und meist ungründlich behandelt worden sind.

[17] (S. 115.) Daß daß Feuer die Kraft habe, erstarren zu machen, daß die Eisbildung selbst durch Wärme befördert wird, sind tief eingewurzelte Meinungen in der Physik der Alten, die auf einer spielenden Theorie der Gegensätze (antiperistasis), auf dunkeln Begriffen der Polarität (auf einem Hervorrufen entgegengesetzter Qualitäten oder Zustände) beruhen. Hagel entsteht in um so größerer Masse, als die Luftschichten **erwärmter** sind. Beim Winterfischfang an der Küste des Pontus wird **warmes** Wasser angewandt, damit in der Nähe des eingepflanzten Rohres das Eis sich vermehre.

[18] (S. 116.) **Kepler** sagt ausdrücklich in **Stella Martis**, fol. 9: solidos orbes rejeci; in der **Stella nova** 1606, cap. 2, p. 8: planetae in puro aethere, perinde atque aves in aëre, cursus suos conficiunt. Früher war er aber der Meinung von einem festen, eisigen Himmelsgewölbe (orbis ex aqua factus gelu concreta propter solis absentiam) zugethan. Schon volle 2000 Jahre vor Kepler behauptete Empedokles, daß die Fixsterne am Kristallhimmel angeheftet, „die Planeten aber frei und losgelassen seien (τοὺς δὲ πλανήτας ἀνεῖσθαι). Wie nach Plato im Timäus (nicht nach Aristoteles) die an feste Sphären gehefteten Fixsterne einzeln **rotierend** gedacht werden sollen, ist schwer zu begreifen.

[19] (S. 117.) „Les principales causes de la vue indistincte sont: aberration de sphéricité de l'oeil, diffraction sur les bords de la pupille, communication d'irritabilité à des points voisins sur la rétine. La vue confuse est celle où le foyer ne tombe pas exactement sur la rétine, mais tombe au devant ou derrière la rétine. Les queues des étoiles sont l'effet de la vision indistincte autant qu'elle dépend de la constitution du cristallin. D'après un très ancien mémoire de Hassenfratz (1809) ‚les queues au nombre de 4 ou 8 qu'offrent les étoiles ou une bougie vue à 25 mètres de distance, sont les caustiques du cristallin formées par l'intersection des rayons réfractés.' Ces caustiques se meuvent à mesure que nous inclinons la tête. — La propriété de la lunette de terminer l'image fait qu'elle concentre dans un petit espace la lumière qui sans cela en aurait occupé un plus grand. Cela est vrai pour les étoiles fixes et pour les disques des planètes. La lumière des étoiles qui n'ont pas de disques réels, conserve la même intensité, quel que soit le grossissement. Le fond de l'air duquel se détache l'étoile dans la lunette, devient plus noir par le grossissement, qui dilate les molécules de l'air qu'embrasse le champ de la lunette. Les planètes à vrais disques deviennent elles-mêmes plus pâles par cet effet de dilatation. — Quand la peinture focale est nette, quand les rayons partis d'*un point* de l'objet se sont concentrés en *un seul point* dans l'image, l'oculaire donne des résultats satisfaisants. Si au contraire les rayons émanés d'un point ne se réunissent pas au foyer en un seul point, s'ils y forment *un petit cercle*, les images de deux points contigus de l'objet empiètent nécessairement l'une sur l'autre; leurs rayons se confondent. Cette confusion la lentille oculaire ne saurait la faire disparaître. L'office qu'elle remplit exclusivement, c'est de grossir; elle grossit tout ce qui est dans l'image, les défauts comme le reste. Les étoiles n'ayant pas de diamètres angulaires sensibles, ceux qu'elles conservent toujours, tiennent pour la plus grande partie au manque de perfection des instrumens (à la courbure moins régulière donnée aux deux faces de la lentille objective) et à quelques défauts et aberrations de notre oeil. Plus une étoile semble petite, tout étant égal quand au diamètre de l'objectif, au grossissement employé et à l'éclat de l'étoile observée, et plus la lunette a de perfection. Or le meilleur moyen de juger si les étoiles sont très petites, si des points sont représentés au foyer par de simples points, c'est évidemment de viser à des étoiles excessivement rapprochées entr'elles et de voir si dans les étoiles doubles connues les images se confondent, si elles empiètent l'une sur l'autre, ou bien si on les aperçoit bien nettement séparées.“ (Arago, Handschr. von 1834 und 1847.)

[20] (S. 117.) Horapollinis Niloi Hieroglyphica. Der gelehrte Herausgeber (Leemans) erinnert aber gegen Jomard, daß der Stern als Zahlzeichen 5 bisher auf den Monumenten und Papyrusrollen noch nicht gefunden worden ist.

[21] (S. 117.) Auf spanischen Schiffen in der Südsee habe ich bei Matrosen den Glauben gefunden, daß man vor dem ersten Viertel das Alter des Mondes bestimmen könne, wenn man die Mondscheibe durch ein seidenes Gewebe betrachte und die Vervielfältigung der Bilder zähle; — ein Phänomen der Diffraktion durch feine Spalten.

[22] (S. 117.) Arago hat den falschen Durchmesser des Aldebaran im Fernrohr von 4″ bis 15″ wachsen machen, indem er das Objektiv verengte.

[23] (S. 118.) „Minute and very close companions, the severest tests which can be applied to a telescope“; Outlines § 837. Unter den planetarischen Weltkörpern können zur Prüfung der Lichtstärke eines stark vergrößernden optischen Instrumentes dienen: der erste und vierte, von Lassel und Otto Struve 1847 wieder gesehene Uranustrabant; die beiden innersten und der siebente Saturnstrabant (Mimas, Enceladus und Bonds Hyperion); der von Lassell aufgefundene Neptunsmond. Das Eindringen in die Tiefen der Himmelsräume veranlaßt Bacon in einer beredten Stelle zum Lobe Galileis, dem er irrigerweise die Erfindung der Fernröhren zuschreibt, diese mit Schiffen zu vergleichen, welche die Menschen in einen unbekannten Ozean leiten, „ut propiora exercere possint cum coelestibus commercia“.

[24] (S. 119.) „Der Ausdruck ὑπόκιῤῥος, dessen sich Ptolemäus in seinem Katalog für die sechs von ihm genannten Sterne gleichförmig bedient, bezeichnet einen geringen Grad des Ueberganges von feuergelb in feuerrot; er bedeutet also, genau zu sprechen, feuerrötlich. Den übrigen Fixsternen scheint er im allgemeinen das Prädikat ξανθὸς, feuergelb, zu geben. Κιῤῥὸς ist nach Galenus ein blasses Feuerrot, das in Gelb spielt. Gellius vergleicht das Wort mit melinus, was nach Servius so viel bedeutet als gilvus und fulvus. Da Sirius von Seneca röter als Mars genannt wird, und derselbe zu den Sternen gehört, welche im Almagest ὑπόκιῤῥοι genannt werden, so bleibt kein Zweifel, daß das Wort das Vorherrschen oder wenigstens einen gewissen Anteil roter Strahlen andeutet. Die Behauptung, daß das Wort ποικίλος, welches Aratus v. 327 dem Sirius beilegt, von Cicero durch rutilus übersetzt worden sei, ist irrig Cicero sagt allerdings v. 348:

Namque pedes subter rutilo cum lumine claret
Fervidus ille Canis stellarum luce refulgens;

allein rutile cum lumine ist nicht Uebersetzung des ποικίλος, sondern ein Zusatz des freien Uebersetzers.“ (Aus Briefen des Herrn

Professor Franz an mich.) „Si en substituant *rutilus,*“ sagt Arago, „au terme grec d'Aratus, l'orateur romain renonce à dessein à la fidélité, il faut supposer que lui-même avait reconnu les propriétés rutilantes de la lumière de Sirius.“

[25] (S. 119.) Sir John Herschel im Edinb. Review. Vol. 87, 1848, p. 189: „It seems much more likely that in Sirius a red colour should be the effect of a medium interfered, than that in the short space of 2000 years so vast a body should have actually undergone such a material change in its physical constitution. It may be supposed the existence of some sort of *cosmical cloudiness,* subject to internal movements, depending on causes of which we are ignorant.“

[26] (S. 120.) In Muhamedis Alfragani Chronologica et Astronomica elementa, ed. Jacobus Christmannus 1590, cap. 22, p. 97 heißt es: „stella ruffa in Tauro Aldebaran; stella ruffa *in Geminis* quae appellatur ***Hajok,*** hoc est Capra.“ Alhajoc, Aijuk sind aber im arabisch-lateinischen Almagest die gewöhnlichen Namen der Capella im Fuhrmann. Argelander bemerkt dazu mit Recht, daß Ptolemäus in dem echten, durch Stil und alte Zeugnisse bewährten, astrologischen Werke (τετράβιβλος σύνταξις) nach Aehnlichkeit der Farbe Planeten an Sterne knüpft und so Capella mit Martis stella, quae urit sicut congruit igneo ipsius colori, mit Aurigae stella verbindet. Auch Riccioli rechnet Capella neben Antares, Aldebaran und Arcturus zu den roten Sternen. [S. den Zusatz am Schlusse dieses Bandes.]

[27] (S. 120.) Die vollständige Einrichtung des ägyptischen Kalenders wird in die früheste Epoche des Jahres 3285 vor unserer Zeitrechnung, d. i. ungefähr anderthalb Jahrhunderte nach der Erbauung der großen Pyramide des Cheops-Chufu, und 940 Jahre vor der gewöhnlichen Angabe der Sintflut, gesetzt. In der Berechnung über den Umstand, daß die von Oberst Vyse gemessene Inklination des unterirdischen, in das Innere der Pyramide führenden, engen Ganges sehr nahe dem Winkel von 26° 15′ entspricht, welchen zu den Zeiten des Cheops (Chufu) der den Pol bezeichnende Stern α des Drachen in der unteren Kulmination zu Gizeh erreichte, ist die Epoche des Pyramidenbaues nicht, wie nach Lepsius im Kosmos, zu 3430, sondern zu 3970 vor Chr. angenommen. Dieser Unterschied von 540 Jahren widerstreitet um so weniger der Annahme, daß α Drac. für den Polarstern galt, als derselbe im Jahre 3970 noch 3° 44′ vom Pole abstand.

[28] (S. 120.) Aus freundschaftlichen Briefen des Professors Lepsius (Februar 1850) habe ich folgendes geschöpft: „Der ägyptische Name des Sirius ist Sothis, als ein weibliches Gestirn bezeichnet; daher griechisch ἡ Σῶθις identifiziert mit der Göttin Sote (hieroglyphisch öfters Sit) und im Tempel des großen Ramses in Theben mit Isis-Sothis. Die Bedeutung der Wurzel findet sich im Koptischen, und zwar mit einer zahlreichen Wortfamilie ver-

wandt, deren Glieder scheinbar weit auseinander gehen, sich aber folgendermaßen ordnen lassen. Durch dreifache Uebertragung der Verbalbedeutung erhält man aus der Urbedeutung auswerfen, projicere (sagittam, telum) erst säen, seminare; dann extendere, ausdehnen, ausbreiten (gesponnene Fäden); endlich, was hier am wichtigsten ist, Licht ausstrahlen und glänzen (von Sternen und Feuer). Auf diese Reihe der Begriffe lassen sich die Namen der Gottheiten Satis (die Schützin), Sothis (die Strahlende) und Seth (der Feurige) zurückführen. Hieroglyphisch lassen sich nachweisen: sit oder seti, der Pfeil wie auch der Strahl, seta, spinnen, setu, ausgestreute Körner. Sothis ist vorzugsweise das hellstrahlende, die Jahreszeiten und Zeitperioden regelnde Gestirn. Der kleine, immer gelb dargestellte Triangel, der ein symbolisches Zeichen der Sothis ist, wird, vielfach wiederholt und aneinander gereihet (in dreifachen Reihen, von der Sonnenscheibe abwärts ausgehend), zur Bezeichnung der strahlenden Sonne benutzt! Seth ist der Feuergott, der sengende, im Gegensatz der wärmenden, befruchtenden Nilflut, der die Saaten tränkenden weiblichen Gottheit Satis. Diese ist die Göttin der Katarakte, weil mit dem Erscheinen der Sothis am Himmel zur Zeit der Sommerwende das Anschwellen des Nils begann. Bei Vettius Valens wird der Stern selbst Σήθ statt Sothis genannt; keineswegs aber kann man, wie Ideler gethan hat, dem Namen oder der Sache nach auch Thoth mit Seth oder Sothis identifizieren."

Diesen Betrachtungen aus der ägyptischen Urzeit lasse ich die hellenischen Zend- und Sanskritetymologieen folgen „Σείρ, die Sonne," sagt Professor Franz, „ist ein altes Stammwort, nur mundartlich verschieden von θερ, θέρος, die Hitze, der Sommer, wobei die Veränderung des Vokallautes wie in τεῖρος und τέρος oder τέρας hervortritt. Zum Beweis der Richtigkeit der angegebenen Verhältnisse der Stammwörter σείρ und θερ, θέρος dient nicht nur die Anwendung von θερείτατος bei Aratus v. 149, sondern auch der spätere Gebrauch der aus σείρ abgeleiteten Formen σειρὸς, σείριος, σειρινός, heiß, brennend. Es ist nämlich bezeichnend, daß σειρὰ oder σειρινὰ ἱμάτια ebenso gesagt wird wie θερινὰ ἱμάτια, leichte Sommerkleider. Ausgebreiteter aber sollte die Anwendung der Form σείριος werden; sie bildete das Beiwort aller Gestirne, welche Einfluß auf die Sommerhitze haben, daher nach der Ueberlieferung des Dichters Archilochus die Sonne σείριος ἀστὴρ und Ibycus die Gestirne überhaupt σείρια, die leuchtenden, nennt. Daß in den Worten des Archilochus: πολλοὺς μὲν αὐτοῦ σείριος καταυανεῖ ὀξὺς ἐλλάμπων die Sonne wirklich gemeint ist, läßt sich nicht bezweifeln. Nach Hesychius und Suidas bedeutet allerdings Σείριος Sonne und Hundsstern zugleich; aber daß die Stelle des Hesiodus, wie Tzetzes und Proclus wollen, sich auf die Sonne und nicht auf den Hundsstern beziehe, ist mir ebenso gewiß als dem neuen Herausgeber des Theon aus Smyrna, Herrn Martin.

Von dem Adjektivum σείριος, welches sich als epitheton perpetuum des Hundssternes selbst festgesetzt hat, kommt das Verbum σειριᾷν, das durch funkeln übersetzt werden kann. Aratus, v. 331, sagt vom Sirius: ὀξέα σειριάει, er funkelt scharf. Eine ganz andere Etymologie hat das allein stehende Wort Σειρήν, die Sirene; und Ihre Vermutung, daß es wohl nur eine zufällige Klangähnlichkeit mit dem Leuchtstern Sirius habe, ist vollkommen begründet. Ganz irrig ist die Meinung derer, welche nach Theon Smyrnäus Σειρήν von σειριάζειν (einer übrigens auch unbeglaubigten Form für σειριᾷν) ableiten. Während daß in σείριος die Bewegung der Hitze und des Leuchtens zum Ausdruck kommt, liegt dem Worte Σειρήν eine Wurzel zum Grunde, welche den fließenden Ton des Naturphänomens darstellt. Es ist mir nämlich wahrscheinlich, daß Σειρήν mit εἴρειν (Plato, Cratyl. 389 D τὸ γὰρ εἴρειν λέγειν ἐστί) zusammenhängt, dessen ursprünglich scharfer Hauch in den Zischlaut überging." (Aus Briefen des Professor Franz an mich, Januar 1850.)

Das griechische Σείρ, die Sonne, läßt sich nach Bopp „leicht mit dem Sanskritworte svar vermitteln, das freilich nicht die Sonne, sondern den Himmel (als etwas Glänzendes) bedeutet. Die gewöhnliche Sanskritbenennung der Sonne ist sûrya. eine Zusammenziehung von svârya, das nicht vorkommt. Die Wurzel svar bedeutet im allgemeinen glänzen, leuchten. Die zendische Benennung der Sonne ist hvare, mit h für s. Das griechische θερ, θέρος und θεςμὸς kommt von dem Sanskritworte gharma (Nom. gharmas), Wärme, Hitze, her."

Der scharfsinnige Herausgeber des Rigveda, Max Müller, bemerkt, daß „der indische astronomische Name des Hundssternes vorzugsweise Lubdhaka ist, welches Jäger bedeutet, eine Bezeichnung, die, wenn man an den nahen Orion denkt, auf eine uralte gemeinschaftliche arische Anschauung dieser Sterngruppe hinzuweisen scheint." Er ist übrigens am meisten geneigt, „Σείριος von dem vedischen Worte sira (davon ein Adjektivum sairya) und der Wurzel sri, gehen, wandeln, abzuleiten, so daß die Sonne und der hellste der Sterne, Sirius, ursprünglich Wandelstern hießen."

[29] (S. 122.) Lepsius, Chronol. der Aegypter, Bd. I, S. 143. „Im hebräischen Texte werden genannt: Asch, der Riese (Orion?), das Vielgestirn (die Plejaden, Gemut?) und die Kammern des Südens. Die Siebzig übersetzen: ὁ ποιῶν Πλειάδα καὶ Ἕσπερον καὶ Ἀρκτοῦρον καὶ ταμεῖα νότου.

[30] (S. 122.) Martianus Capella verwandelt das Ptolemaeon in Ptolemaeus; beide Namen waren von den Schmeichlern am ägyptischen Königshofe ersonnen. Amerigo Vespucci glaubt drei Canopen gesehen zu haben, deren einer ganz dunkel (fosco) war; „Canopus ingens et niger", sagt die lateinische Uebersetzung, gewiß einer der schwarzen Kohlensäcke. In den oben angeführten Elem. Chronol. et Astron. von El-Fergani wird erzählt, daß die christlichen

Pilgrime den Sohel der Araber (Canopus) den Stern der heiligen Katharina zu nennen pflegen, weil sie die Freude haben, ihn zu sehen und als Leitstern zu bewundern, wenn sie von Gaza nach dem Berg Sinai wandern. In einer schönen Episode des ältesten Heldengedichtes der indischen Vorzeit, des Ramayana, werden die dem Südpol näheren Gestirne aus einem sonderbaren Grunde für neuer geschaffen erklärt, denn die nördlicheren. Als nämlich die von Nordwesten in die Gangesländer eingewanderten brahmanischen Indier von dem 30. Grade nördlicher Breite an weiter in die Tropenländer vordrangen und dort die Urbewohner unterjochten, sahen sie, gegen Ceylon vorschreitend, ihnen unbekannte Gestirne am Horizonte aufsteigen. Nach alter Sitte vereinigten sie dieselben zu neuen Sternbildern. Eine kühne Dichtung ließ die später erblickten Gestirne später erschaffen werden durch die Wunderkraft des Visvamitra. Dieser bedrohte „die alten Götter, mit seiner sternreicheren südlichen Hemisphäre die nördlichere zu überbieten". Wenn in dieser indischen Mythe das Erstaunen wandernder Völker über den Anblick neuer Himmelsgefilde sinnig bezeichnet wird (der berühmte spanische Dichter Garcilaso de la Vega sagt von den Reisenden: sie wechseln [gleichzeitig] Land und Sterne, mudan de pays y de estrellas), so wird man lebhaft an den Eindruck erinnert, welchen an einem bestimmten Punkte der Erde das Erscheinen (Aufsteigen am Horizont) bisher ungesehener großer Sterne, wie der in den Füßen des Centauren, im südlichen Kreuze, im Eridanus oder im Schiffe, und das völlige Verschwinden der lange heimatlichen auch in den rohesten Völkern erweckt haben muß. Die Fixsterne kommen zu uns und entfernen sich wieder durch das Vorrücken der Nachtgleichen. Wir haben an einem anderen Orte daran erinnert, daß das südliche Kreuz in unseren baltischen Ländern bereits 7° hoch am Horizonte leuchtete, 2900 Jahre vor unserer Zeitrechnung, also zu einer Zeit, wo die großen Pyramiden Aegyptens schon ein halbes Jahrtausend standen. „Canopus kann dagegen nie in Berlin sichtbar gewesen sein, da seine Distanz vom Südpol der Ekliptik nur 14° beträgt. Sie müßte 1° mehr betragen, um nur die Grenze der Sichtbarkeit für unseren Horizont zu erreichen."

[31] (S. 124.) Schwinck findet in seinen Karten RA. 0° bis 90° Sterne 2858, RA. 90° bis 180° Sterne 3011, RA. 180° bis 270° Sterne 2688, RA. 270° bis 360° Sterne 3591: Summe 12148 Sterne bis 7 m.

[32] (S. 126.) „A stupendous object, a most magnificent *globular* cluster," sagt Sir John Herschel, „*completely insulated*, upon a ground of the sky perfectly *black* throughout the whole breadth of the sweep."

[33] (S. 127.) Die erste und einzige ganz vollständige Beschreibung der Milchstraße in beiden Hemisphären verdanken wir Sir John Herschel. In dem ganzen Abschnitt des Kosmos, welcher der Richtung, der Verzweigung und dem so verschiedenartigen Inhalte der Milchstraße gewidmet ist, bin ich allein dem

obengenannten Astronomen und Physiker gefolgt. Es bedarf hier wohl kaum der Bemerkung, daß, um nicht dem Sicheren Unsicheres beizumengen, ich in der Beschreibung der Milchstraße nichts von dem benutzt habe, was ich, mit lichtschwachen Instrumenten ausgerüstet, über das so ungleichartige Licht der ganzen Zone während meines langen Aufenthaltes in der südlichen Hemisphäre in Tagebüchern niedergeschrieben hatte.

[34] (S. 127.) Die Vergleichung der geteilten Milchstraße mit einem Himmelsflusse hat die Araber veranlaßt, Teile der Konstellation des Schützen, dessen Bogen in eine sternreiche Region derselben fällt, das zur Tränke gehende Vieh zu nennen, ja den so wenig des Wassers bedürftigen Strauß darin zu finden.

[35] (S. 128.) „Stars standing on a clear black ground (Kapreise, p. 391). This remarkable belt (the milky way, when examined through powerful telescopes) is found (wonderful to relate!) *to consist entirely of stars scattered by millions*, like glittering dust, on the *black ground* of the general heavens.“ (Outlines p. 182, 537 und 539.)

[36] (S. 128.) „*Globular clusters*, except in one region of small extent (between 16^h 45′, and 19^h in RA.), and *nebulae of regular elliptic forms* are comparatively rare in the Milky Way, and are found congregated in the greatest abundance in a part of the heavens the most remote possible from that circle.“ Outlines p. 614. Schon Huygens war seit 1656 auf den Mangel alles Nebels und aller Nebelflecke in der Milchstraße aufmerksam. In derselben Stelle, in welcher er die erste Entdeckung und Abbildung des großen Nebelfleckes in dem Gürtel des Orion durch einen 28füßigen Refraktor (1656) erwähnt, sagt er (wie ich schon oben im zweiten Bande des Kosmos, S. 349, bemerkt): viam lacteam perspicillis inspectam nullas habere nebulas; die Milchstraße sei wie alles, was man für Nebelsterne halte, ein großer Sternhaufen. Die Stelle ist abgedruckt in Hugenii Opera varia 1724, p. 540.

[37] (S. 129.) „Intervals absolutely dark *and completely void of any star* of the smallest telescopic magnitude.“ Outlines p. 536.

[38] (S. 129.) „No region of the heavens is fuller of objects, beautiful and remarkable in themselves, and rendered still more so by their mode of association and by the peculiar features assumed by the Milky Way, which are without a parallel in any other part of its course.“ (Kapreise p. 386.) Dieser so lebendige Ausspruch von Sir John Herschel stimmt ganz mit den Eindrücken überein, die ich selbst empfangen. Kapitän Jacob (Bombay Engineer) sagt von der Lichtintensität der Milchstraße in der Nähe des südlichen Kreuzes mit treffender Wahrheit: „Such is the general blaze of starlight near the Cross from that part of the sky, that a person is immediately made

aware of its having risen above the horizon, though he should not be at the time looking at the heavens, by the increase of general illumination of the atmosphere, resembling the effect of the young moon.“

[39] (S. 130.) Die Beschreibung des Ptolemäus ist in einzelnen Teilen vortrefflich, besonders verglichen mit der Behandlung der Milchstraße in Aristot. Meteorol. lib. I, p. 29 und 34 nach Idelers Ausgabe.

[40] (S. 131.) Auch zwischen α und γ der Kassiopeia ist ein auffallend dunkler Flecken dem Kontraste der leuchtenden Umgebung zugeschrieben.

[41] (S. 131.) Einen Auszug aus dem so seltenen Werke des Thomas Wright von Durham (Theory of the Universe, London 1750) hat Morgan gegeben in dem Philos. Magazine Ser. III, No. 32, p. 241. Thomas Wright, auf dessen Bestrebungen Kants und William Herschels sinnreiche Spekulationen über die Gestaltung unserer Sternschicht die Aufmerksamkeit der Astronomen seit dem Anfang dieses Jahrhunderts so bleibend geheftet haben, beobachtete selbst nur mit einem Reflektor von einem Fuß Fokallänge.

[42] (S. 131.) Eine bestimmte Gesetzmäßigkeit in der Verteilung, sowohl der Sterne erster Größe als auch der kleineren Fixsterne, ist neuerdings wieder von P. Angelo Secchi erkannt worden. — [D. Herausg.]

[43] (S. 132.) Outlines p. 536. Auf der nächstfolgenden Seite heißt es über denselben Gegenstand: „In such cases it is equally impossible not to perceive that we are looking *through* a sheet of stars of no great thickness compared with the distance which separates them from us.“

[44] (S. 132.) Struve, Études stell. p. 63. Bisweilen erreichen die größten Fernröhren einen solchen Raum der Himmelsluft, in welchem das Dasein einer in weiter Ferne aufglimmenden Sternschicht sich nur durch ein „getüpfeltes, gleichsam lichtgeflecktes“ Ansehen verkündigt (by an uniform dotting or stippling of the field of view). S. in der Kapreise, p. 390, den Abschnitt: „On some indications of very remote telescopic branches of the Milky Way, or of an independent sidereal System, or Systems, bearing a resemblance to such branches.“

[45] (S. 132.) „I think,“ sagt Sir John Herschel, „it is impossible to view this splendid zone from *α Centauri* to the Cross without an impression amounting almost to conviction, that the milky way is not a mere stratum, but annular; or at least that our system is placed within one of the poorer or almost vacant parts of its general mass, and that eccentrically, so as to be much nearer to the region about the Cross than to that diametrically opposite to it.“

IV.

Neu erschienene und verschwundene Sterne. — Veränderliche Sterne in gemessenen, wiederkehrenden Perioden. — Intensitätsveränderungen des Lichtes in Gestirnen, bei denen die Periodizität noch unerforscht ist.

Neue Sterne. — Das Erscheinen vorher nicht gesehener Sterne an der Himmelsdecke, besonders wenn es ein plötzliches Erscheinen von stark funkelnden Sternen erster Größe ist, hat von jeher als eine Begebenheit in den Welträumen Erstaunen erregt. Es ist dies Erstaunen um so größer, als eine solche Naturbegebenheit, ein auf einmal Sichtbarwerden dessen, was vorher sich unserem Blicke entzog, aber deshalb doch als vorhanden gedacht wird, zu den allerseltensten Erscheinungen gehört. In den drei Jahrhunderten von 1500 bis 1800 sind 42 den Bewohnern der nördlichen Hemisphäre mit unbewaffnetem Auge sichtbare Kometen erschienen, also im Durchschnitt in hundert Jahren vierzehn; während für dieselben drei Jahrhunderte nur acht neue Sterne beobachtet wurden. Die Seltenheit der letzteren wird noch auffallender, wenn man größere Perioden umfaßt. Von der in der Geschichte der Astronomie wichtigen Epoche der Vollendung der Alfonsinischen Tafeln an bis zum Zeitalter von William Herschel, von 1252 bis 1800, zählt man der sichtbaren Kometen ungefähr 63, der neuen Sterne wieder nur 9; also für die Zeit, in welcher man in europäischen Kulturländern auf eine ziemlich genaue Aufzählung rechnen kann, ergibt sich das Verhältnis der neuen Sterne zu den ebenfalls mit bloßen Augen sichtbaren Kometen wie 1 zu 7. Wir werden bald zeigen, daß, wenn man die nach den Verzeichnissen des Ma-tuan-lin in China beobachteten neu erschienenen Sterne sorgfältig von den sich schweiflos bewegenden Kometen trennt und bis anderthalb Jahrhunderte vor unserer Zeitrechnung hinauf-

steigt, in fast 2000 Jahren in allem kaum 20 bis 22 solcher Erscheinungen mit einiger Sicherheit aufgeführt werden können. [1]

Ehe wir zu allgemeinen Betrachtungen übergehen, scheint es mir am geeignetsten, durch die Erzählung eines Augenzeugen und bei einem einzelnen Beispiele verweilend, die Lebendigkeit des Eindrucks zu schildern, welchen der Anblick eines neuen Sternes hervorbringt. Als ich, sagt Tycho Brahe, von meinen Reisen in Deutschland nach den dänischen Inseln zurückkehrte, verweilte ich (ut aulicae vitae fastidium lenirem) in dem anmutig gelegenen ehemaligen Kloster Herritzwadt bei meinem Onkel Steno Bille, und hatte die Gewohnheit, erst am Abend mein chemisches Laboratorium zu verlassen. Da ich nun im Freien nach gewohnter Weise den Blick auf das mir wohlbekannte Himmelsgewölbe richtete, sah ich mit nicht zu beschreibendem Erstaunen nahe am Zenith in der Kassiopeia einen strahlenden Fixstern von nie gesehener Größe. In der Aufregung glaubte ich meinen Sinnen nicht trauen zu können. Um mich zu überzeugen, daß es keine Täuschung sei und um das Zeugnis anderer einzusammeln, holte ich meine Arbeiter aus dem Laboratorium und befragte alle vorbeifahrenden Landleute, ob sie den plötzlich auflodernden Stern ebenso sähen als ich. Später habe ich erfahren, daß in Deutschland Fuhrleute und „anderes gemeines Volk" die Astronomen erst auf die große Erscheinung am Himmel aufmerksam machten, „was dann (wie bei den nicht vorher angekündigten Kometen) die gewohnten Schmähungen auf gelehrte Männer erneuerte".

„Den neuen Stern," fährt Tycho fort, „fand ich ohne Schweif, von keinem Nebel umgeben, allen anderen Fixsternen völlig gleich, nur noch stärker funkelnd als Sterne erster Größe. Sein Lichtglanz übertraf den des Sirius, der Leier und des Jupiter. Man konnte ihn nur der Helligkeit der Venus gleich setzen, wenn sie der Erde am nächsten steht (wo dann nur ihr vierter Teil erleuchtet ist). Menschen, die mit scharfen Augen begabt sind, erkannten bei heiterer Luft den neuen Stern bei Tage selbst in der Mittagsstunde. Zur Nachtzeit, bei bedecktem Himmel, wenn alle anderen Sterne verschleiert waren, wurde er mehrmals durch Wolken von mäßiger Dicke (nubes non admodum densas) gesehen. Abstände von anderen nahen Sternen der Kassiopeia, die ich im ganzen folgenden Jahre mit vieler Sorgfalt maß, überzeugten mich von seiner völligen Unbeweglichkeit. Bereits im Dezember 1572 fing die Licht-

stärke an abzunehmen, der Stern wurde dem Jupiter gleich: im Januar 1573 war er minder hell als Jupiter. Fortgesetzte photometrische Schätzungen gaben: für Februar und März Gleichheit mit Sternen erster Ordnung (stellarum affixarum primi honoris; denn Tycho scheint den Ausdruck des Manilius, stellae fixae, nie gebrauchen zu wollen), für April und Mai Lichtglanz von Sternen 2., für Juli und August 3., für Oktober und November 4. Größe. Gegen den Monat November war der neue Stern nicht heller als der 11. im unteren Teil der Stuhllehne der Kassiopeia. Der Uebergang zur 5. und 6. Größe fand vom Dezember 1573 bis Februar 1574 statt. Im folgenden Monat verschwand der neue Stern, nachdem er 17 Monate lang geleuchtet, spurlos für das bloße Auge." (Das Fernrohr wurde erst 37 Jahre später erfunden.)

Der allmähliche Verlust der Leuchtkraft des Sternes war dazu überaus regelmäßig, ohne (wie bei η Argûs, einem freilich nicht neu zu nennenden Sterne, in unseren Tagen der Fall ist) durch mehrmalige Perioden des Wiederaufloderns, durch eine Wiedervermehrung der Lichtstärke unterbrochen zu werden. Wie die Helligkeit, so veränderte sich auch die Farbe, was später zu vielen irrigen Schlüssen über die Geschwindigkeit farbiger Strahlen auf ihrem Wege durch die Welträume Anlaß gegeben hat. Bei seinem ersten Erscheinen, solange er den Lichtglanz der Venus und des Jupiter hatte, war er zwei Monate lang weiß, dann ging er durch die gelbe Farbe in die rote über. Im Frühjahr 1573 vergleicht ihn Tycho mit Mars, dann findet er ihn fast mit der rechten Schulter des Orion (mit Beteigeuze) vergleichbar. Am meisten glich seine Farbe der roten Färbung des Aldebaran. Im Frühjahr 1573, besonders im Mai, kehrte die weißliche Farbe zurück (albedinem quandam sublividam induebat, qualis Saturni stellae subesse videtur). So blieb er im Januar 1574 fünfter Größe und weiß, doch mit einer mehr getrübten Weiße und im Verhältnis zur Lichtschwäche auffallend stark funkelnd, bis zum allmählichen völligen Verschwinden im Monat März 1574.

Die Umständlichkeit dieser Angaben [2] beweist schon den Einfluß, welchen das Naturphänomen in einer für die Astronomie so glänzenden Epoche auf Anregung der wichtigsten Fragen ausüben mußte. Da (trotz der oben geschilderten allgemeinen Seltenheit der neuen Sterne) Erscheinungen derselben Art sich, zufällig in den kurzen Zeitraum von 32 Jahren

zusammengedrängt, für europäische Astronomen dreimal wiederholten, so wurde die Anregung um so lebhafter. Man erkannte mehr und mehr die Wichtigkeit der Sternkataloge, um der Neuheit des auflodernden Gestirns gewiß zu sein, man diskutierte die Periodizität [3] (das Wiedererscheinen nach vielen Jahrhunderten); ja Tycho stellt kühn eine Theorie über die Bildungs- und Gestaltungsprozesse der Sterne aus kosmischem Nebel auf, welche viel Analogie mit der des großen William Herschel hat. Er glaubt, daß der dunstförmige, in seiner Verdichtung leuchtende Himmelsstoff sich zu Fixsternen balle: Caeli materiam tenuissimam, ubique nostro visui et Planetarum circuitibus perviam, in unum globum condensatam, stellam effingere. Dieser überall verbreitete Himmelsstoff habe schon eine gewisse Verdichtung in der Milchstraße, die in einem milden Silberlichte aufdämmere. Deshalb stehe der neue Stern, wie die, welche in den Jahren 945 und 1264 aufloderten, am Rande der Milchstraße selbst (quo factum est quod nova stella in ipso Galaxiae margine constiterit); man glaube sogar noch die Stelle (die Oeffnung, hiatus) zu erkennen, wo der neblige Himmelsstoff der Milchstraße entzogen worden sei. [4] Alles dies erinnert an den Uebergang des kosmischen Nebels in Sternschwärme, an die haufenbildende Kraft, an die Konzentration zu einem Centralkern, an die Hypothesen über die stufenweise Entwickelung des Starren aus dem dunstförmig Flüssigen, welche im Anfange des 19. Jahrhunderts zur Geltung kamen, jetzt aber, nach ewig wechselnden Schwankungen in der Gedankenwelt, vielfach neuem Zweifel unterworfen werden.

Zu den neu erschienenen kurzzeitigen Sternen (temporary stars) kann man mit ungleicher Gewißheit folgende rechnen, die ich nach den Epochen des ersten Aufloderns geordnet habe:

a) 134 vor Chr. im Skorpion,
b) 123 nach Chr. im Ophiuchus,
c) 173 im Centaur,
d) 369?
e) 386 im Schützen,
f) 389 im Adler,
g) 393 im Skorpion,
h) 827? im Skorpion,
i) 945 zwischen Cepheus und Kassiopeia,
k) 1012 im Widder,

l) 1203 im Skorpion,
m) 1230 im Ophiuchus,
n) 1264 zwischen Cepheus und Kassiopeia,
o) 1572 in der Kassiopeia,
p) 1578,
q) 1584 im Skorpion,
r) 1600 im Schwan,
s) 1604 im Ophiuchus,
t) 1609,
u) 1670 im Fuchs,
v) 1848 im Ophiuchus.

Erläuterungen.

a) Erste Erscheinung, Juli 134, vor dem Anfang unserer Zeitrechnung. Aus chinesischen Verzeichnissen des Ma-tuan-lin, deren Bearbeitung wir dem Sprachgelehrten Eduard Biot verdanken (Connaissance des temps pour l'an 1846, p. 61), zwischen β und ρ des Skorpions. Unter den außerordentlichen, fremdartig aussehenden Gestirnen dieser Verzeichnisse, welche auch Gaststerne (étoiles hôtes, ke-sing, gleichsam Fremdlinge von sonderbarer Physiognomie) genannt und von den mit Schweifen versehenen Kometen durch die Beobachter selbst gesondert worden sind, finden sich allerdings unbewegliche neue Sterne mit einigen ungeschwänzten fortschreitenden Kometen vermischt; aber in der Angabe der Bewegung (Ke-sing von 1092, 1181 und 1458) und in der Nichtangabe der Bewegung, wie in dem gelegentlichen Zusatz: „der Ke-sing löste sich auf" (und verschwand), liegt ein wichtiges, wenngleich nicht untrügliches Kriterium. Auch ist hier an das so schwache, nie funkelnde, mildstrahlende Licht des Kopfes aller geschweiften und ungeschweiften Kometen zu erinnern, während die Lichtintensität der chinesischen sogenannten außerordentlichen (fremdartigen) Sterne mit der der Venus verglichen wird, was auf die Kometennatur überhaupt und insbesondere auf die der ungeschweiften Kometen gar nicht paßt. Der unter der alten Dynastie Han (134 vor Chr.) erschienene Stern könnte, wie Sir John Herschel bemerkt, der neue Stern des Hipparch sein, welcher nach der Aussage des Plinius ihn zu seinem Sternverzeichnis veranlaßt haben soll. Delambre nennt die Angabe zweimal eine Fabel, „une historiette" (Hist. de l'Astr. anc. T. I, p. 290 und Hist. de l'Astr. mod. T. I, p. 186). Da nach des Ptolemäus ausdrücklicher Aussage (Almag. VII, 2, p. 13 Halma) Hipparchs Verzeichnis an das Jahr 128 vor unserer Zeitrechnung geknüpft ist und Hipparch (wie ich schon an einem anderen Orte gesagt) in Rhodos und vielleicht auch in Alexandrien zwischen den Jahren 162 und 127 vor Chr. beobachtete, so steht der Konjektur

nichts entgegen; es ist sehr denkbar, daß der große Astronom von Nicäa viel früher beobachtete, ehe er auf den Vorsatz geleitet wurde, einen wirklichen Katalog anzufertigen. Des Plinius Ausdruck „suo aevo genita" bezieht sich auf die ganze Lebenszeit. Als der Tychonische Stern 1572 erschien, wurde viel über die Frage gestritten, ob Hipparchs Stern zu den neuen Sternen, oder zu den Kometen ohne Schweif gerechnet werden sollte. Tycho war der ersten Meinung (Progymn. p. 319—325). Die Worte „ejusque *motu* ad dubitationem adductus" könnten allerdings auf einen schwach- oder ungeschweiften Kometen leiten, aber die rhetorische Sprache des Plinius erlaubt jegliche Unbestimmtheit des Ausdrucks.

b) Eine chinesische Angabe. Im Dezember 123 nach dem Anfang unserer Zeitrechnung zwischen α Herc. und α Ophiuchi; Ed. Biot aus Ma-tuan-lin. (Auch unter Hadrian um das Jahr 130 soll ein neuer Stern erschienen sein.)

c) Ein sonderbarer, sehr großer Stern; wieder aus dem Ma-tuan-lin, wie die nächstfolgenden drei. Es erschien derselbe am 10. Dezember 173 zwischen α und β des Centauren, und verschwand nach acht Monaten, als er nacheinander die fünf Farben gezeigt. Eduard Biot sagt in seiner Uebersetzung successivement. Ein solcher Ausdruck würde fast auf eine Reihe von Färbungen wie im oben beschriebenen Tychonischen neuen Sterne leiten; aber Sir John Herschel hält ihn richtiger für die Bezeichnung eines farbigen Funkelns (Outlines p. 540), wie Arago einen fast ähnlichen Ausdruck Keplers, für den neuen Stern (1604) im Schlangenträger gebraucht, auf gleiche Weise deutet (Annuaire pour 1842, p. 347).

d) Dauer des Leuchtens vom März bis August im Jahre 369.

e) Zwischen λ und φ des Schützen. Im chinesischen Verzeichnis ist diesmal noch ausdrücklich bemerkt, „wo der Stern verblieb (d. h. ohne Bewegung) von April bis Juli 386".

f) Ein neuer Stern nahe bei α des Adlers, auflodernd mit der Helligkeit der Venus zur Zeit des Kaisers Honorius im Jahre 389, wie Cuspinianus, der ihn selbst gesehen, erzählt. Er verschwand spurlos drei Wochen später.[5]

g) März 393, wieder im Skorpion und zwar im Schwanze dieses Gestirns; aus Ma-tuan-lins Verzeichnis.

h) Das Jahr 827 ist zweifelhaft; sicherer ist die Epoche der ersten Hälfte des 9. Jahrhunderts, in welcher unter der Regierung des Kalifen Al-Mamun die beiden berühmten arabischen Astronomen Haly und Giafar Ben-Mohammed Albumazar zu Babylon einen neuen Stern beobachteten, „dessen Licht dem des Mondes in seinen Vierteln geglichen" haben soll! Diese Naturbegebenheit fand wieder statt im Skorpion. Der Stern verschwand schon nach einem Zeitraum von vier Monaten.

i) Die Erscheinung dieses Sternes, welcher unter dem Kaiser Otto dem Großen im Jahre 945 aufgestrahlt sein soll, wie die des

Sternes von 1264, beruhen auf dem alleinigen Zeugnis des böhmischen Astronomen Cyprianus Leovitius, der seine Nachrichten aus einer handschriftlichen Chronik geschöpft zu haben versichert und der darauf aufmerksam macht, daß beide Erscheinungen (in den Jahren 945 und 1264) zwischen den Konstellationen des Cepheus und der Kassiopeia, der Milchstraße ganz nahe, ebenda stattgefunden haben, wo 1572 der Tychonische Stern erschien. Tycho (Progymn. p. 331 und 709) verteidigt die Glaubwürdigkeit des Cyprianus Leovitius gegen Pontanus und Camerarius, welche eine Verwechselung mit langgeschweiften Kometen vermuteten.

k) Nach dem Zeugnis des Mönchs von St. Gallen Hepidannus (der im Jahre 1088 starb und dessen Annalen vom Jahre 709 bis 1044 nach Chr. gehen) wurde 1012 am südlichsten Himmel im Zeichen des Widders vom Ende des Monats Mai an drei Monate lang ein neuer Stern von ungewöhnlicher Größe und einem Glanze, der die Augen blendete (oculos verberans), gesehen. Er schien auf wunderbare Weise bald größer, bald kleiner; zuweilen sah man ihn auch gar nicht. „Nova stella apparuit insolitae magnitudinis, aspectu fulgurans, et oculos verberans non sine terrore. Quae mirum in modum aliquando contractior, aliquando diffusior, etiam extinguebatur interdum. Visa est autem per tres menses in intimis finibus Austri, ultra omnia signa quae videntur in coelo.“ (S. Hepidanni annales breves in Duchesne, Historiae Francorum Scriptores T. III, 1641, p. 477; vergl. auch Schnurrer, Chronik der Seuchen, T. I, S. 201). Der von Duchesne und Goldast benutzten Handschrift, welche die Erscheinung unter das Jahr 1012 stellt, hat jedoch die neuere historische Kritik eine andere Handschrift vorgezogen, welche viele Abweichungen in den Jahrzahlen gegen jene, namentlich um 6 Jahre rückwärts, zeigt. Sie setzt die Erscheinung des Sternes in das Jahr 1006 (s. Annales Sangallenses majores in Pertz, Monumenta Germaniae historica, Scriptorum T. I, 1826, p. 81). Auch die Autorschaft des Hepidannus ist durch neue Forschungen zweifelhaft geworden. Jenes sonderbare Phänomen der Veränderlichkeit nennt Chladni den Brand und die Zerstörung eines Fixsternes. Hind (Notices of the Astron. Soc. Vol. VIII, 1848, p. 156) vermutet, daß der Stern des Hepidannus identisch sei mit einem neuen Stern, welchen Ma-tuan-lin als in China im Februar 1011 im Schützen zwischen σ und φ gesehen verzeichnet. Aber dann müßte sich Ma-tuan-lin nicht bloß in dem Jahre, sondern auch in der Angabe der Konstellation geirrt haben, in welcher der Stern erschien.

l) Ende Juli 1203 im Schwanz des Skorpions. Nach dem chinesischen Verzeichnis „ein neuer Stern von weiß-bläulicher Farbe ohne allen leuchtenden Nebel, dem Saturn ähnlich“. (Eduard Biot in der Connaissance des temps pour 1846, p. 68.)

m) Wieder eine chinesische Beobachtung aus Ma-tuan-lin, dessen astronomische Verzeichnisse, mit genauer Angabe der Position der Kometen und Fixsterne, bis 613 Jahre vor Chr., also bis zu den Zeiten des Thales und der Expedition des Coläus von Samos, hinaufsteigen. Der neue Stern erschien Mitte Dezembers 1230 zwischen Ophiuchus und der Schlange. Er löste sich auf Ende März 1231.

n) Es ist der Stern, dessen Erscheinung der böhmische Astronom Cyprianus Leovitius gedenkt (s. oben bei dem neunten Sterne im Jahre 945). Zu derselben Zeit (Juli 1264) erschien ein großer Komet, dessen Schweif den halben Himmel einnahm und welcher eben deshalb nicht mit einem zwischen Cepheus und Kassiopeia neu auflodernden Sterne hat verwechselt werden können.

o) Der Tychonische Stern vom 11. November 1572 im Thronsessel der Kassiopeia; RA. 3° 26′, Dekl. 63° 3′ (für 1800).

p) Februar 1578, aus Ma-tuan-lin. Die Konstellation ist nicht angegeben; aber die Intensität des Lichtes und die Strahlung müssen außerordentlich gewesen sein, da das chinesische Verzeichnis den Beisatz darbietet: „ein Stern groß wie die Sonne"!

q) Am 1. Juli 1584, unweit π des Skorpions; eine chinesische Beobachtung.

r) Der Stern 34 Cygni nach Bayer. Wilhelm Janson, der ausgezeichnete Geograph, welcher eine Zeitlang mit Tycho beobachtet hatte, heftete zuerst seine Aufmerksamkeit auf den neuen Stern in der Brust des Schwans am Anfange des Halses, wie eine Inschrift seines Sternglobus bezeugt. Kepler, durch Reisen und Mangel von Instrumenten nach Tychos Tode gehindert, fing erst zwei Jahre später an, ihn zu beobachten, ja er erhielt erst damals (was um so mehr Verwunderung erregt, als der Stern 3. Größe war) Nachricht von seiner Existenz. „Cum mense Majo anni 1602," sagt er, „primum litteris monerer de novo Cygni phaenomeno ...." (Kepler, De Stella nova tertii honoris in Cygno 1606, angehängt dem Werke De Stella nova in serpent., p. 152, 154, 164 und 167.) In Keplers Abhandlung wird nirgends gesagt (wie man in neueren Schriften oft angeführt findet), daß der Stern im Schwan bei seinem ersten Erscheinen 1. Größe gewesen sei. Kepler nennt ihn sogar parva Cygni stella und bezeichnet ihn überall als 3. Ordnung. Er bestimmt seine Position in RA. 300° 46′, Dekl. 36° 52′ (also für 1800: RA. 302° 36′, Dekl. + 37° 27′). Der Stern nahm an Helligkeit besonders seit 1619 ab und verschwand 1621. Dominique Cassini (s. Jacques Cassini, Élémens d'Astr. p. 69) sah ihn wiederum zu 3. Größe gelangen 1655 und dann verschwinden; Hevel beobachtete ihn wieder im November 1665, anfangs sehr klein, dann größer, doch ohne je die 3. Größe wieder zu erreichen. Zwischen 1677 und 1682 war er schon nur noch 6. Größe, und als solcher blieb er am Himmel. Sir John

Herschel führt ihn auf in der Liste der veränderlichen Sterne, nicht so Argelander.

s) Nächst dem Stern in der Kassiopeia von 1572 ist der berühmteste geworden der neue Stern des Schlangenträgers von 1604 (RA. 259° 42′ und südl. Dekl. 21° 15′ für 1800). An jeden derselben knüpft sich ein großer Name. Der Stern im rechten Fuß des Schlangenträgers wurde zuerst nicht von Kepler selbst, sondern von seinem Schüler, dem Böhmen Johann Brunowski, am 10. Oktober 1604, „größer als alle Sterne 1. Ordnung, größer als Jupiter und Saturn, doch weniger groß als Venus", gesehen. Herlicius will ihn schon am 27. September beobachtet haben. Seine Helligkeit stand der des Tychonischen Sternes von 1572 nach, auch wurde er nicht wie dieser bei Tage erkannt; seine Scintillation war aber um vieles stärker und erregte besonders das Erstaunen aller Beobachter. Da das Funkeln immer mit Farbenzerstreuung verbunden ist, so wird viel von seinem farbigen, stets wechselnden Lichte gesprochen. Arago (Annuaire pour 1834, p. 299 bis 301 und Ann. pour 1842, p. 345 bis 347) hat schon darauf aufmerksam gemacht, daß der Keplersche Stern keineswegs, wie der Tychonische, nach langen Zwischenräumen eine andere, gelbe, rote und dann wieder weiße Färbung annahm. Kepler sagt bestimmt, daß sein Stern, sobald er sich über die Erddünste erhob, weiß war. Wenn er von den Farben der Iris spricht, so ist es, um das farbige Funkeln deutlich zu machen: „Exemplo adamantis multanguli, qui Solis radios inter convertendum ad spectantium oculos variabili fulgore revibraret, colores Iridis (stella nova in Ophiucho) successive vibratu *continuo* reciprocabat." (De nova Stella Serpent. p. 5 und 125). Im Anfang des Januars 1605 war der Stern noch heller als Antares, aber von geringerer Lichtstärke als Arcturus. Ende März desselben Jahres wird er als 3. Größe beschrieben. Die Nähe der Sonne hinderte alle Beobachtungen vier Monate lang. Zwischen Februar und März 1806 verschwand er spurlos. Die ungenauen Beobachtungen über die „großen Positionsveränderungen des neuen Sterns" von Scipio Claramontius und dem Geographen Blaeu (Blaew) verdienen, wie schon Jacques Cassini (Élémens d'Astr. p. 65) bemerkt, kaum einer Erwähnung, da sie durch Keplers sicherere Arbeit widerlegt sind. Die chinesischen Verzeichnisse von Ma-tuan-lin führen eine Erscheinung an, die mit dem Auflodern des neuen Sterns im Schlangenträger der Zeit und der Position nach einige Aehnlichkeit zeigt. Am 30. September 1604 sah man in China unfern π des Skorpions einen rotgelben („kugelgroßen"?) Stern. Er leuchtete in Südwest bis November desselben Jahres, wo er unsichtbar wurde. Er erschien wieder den 14. Januar 1605 in Südost, verdunkelte sich aber ein wenig im März 1606. (Connaissanse des temps pour 1846, p. 59.) Die Oertlichkeit π des Skorpions kann leicht mit dem Fuß des Schlangenträgers ver-

wechselt werden, aber die Ausdrücke Südwest und Südost, das Wiedererscheinen, und der Umstand, daß kein endliches völliges Verschwinden angekündigt wird, lassen Zweifel über die Identität.

t) Auch ein neuer Stern von ansehnlicher Größe, in Südwest gesehen, aus Ma-tuan-lin. Es fehlen alle näheren Bestimmungen.

u) Der vom Kartäuser Anthelme am 20. Juni des Jahres 1670 am Kopfe des Fuchses (RA. 294° 27′, Dekl. 26° 47′) ziemlich nahe bei β des Schwans entdeckte neue Stern. Er war bei seinem ersten Aufstrahlen nicht 1., sondern nur 3. Größe, und sank am 10. August schon bis zur 5. Größe herab. Er verschwand nach drei Monaten, zeigte sich aber wieder den 17. März 1671 und zwar in 4. Größe. Dominique Cassini beobachtete ihn fleißig im April 1671 und fand seine Helligkeit sehr veränderlich. Der neue Stern sollte ungefähr nach zehn Monaten zu demselben Glanze zurückkehren, aber man suchte ihn vergebens im Februar 1622. Er erschien erst den 29. März desselben Jahres, doch nur in 6. Größe, und wurde seitdem nie wieder gesehen. (Jacques Cassini, Elémens d'Astr. p. 69 bis 71). Diese Erscheinungen trieben Dominique Cassini zum Aufsuchen vorher (von ihm!) nicht gesehener Sterne an. Er behauptet deren 14 aufgefunden zu haben, und zwar 4., 5. und 6. Größe (acht in der Kassiopeia, zwei im Eridanus und vier nahe dem Nordpole). Bei dem Mangel der Angaben einzelner Oertlichkeiten können sie, da sie ohnedies, wie die zwischen 1694 und 1709 von Maraldi aufgefundenen, mehr als zweifelhaft sind, hier nicht aufgeführt werden. (Jacques Cassini, Elém. d'Astron. p. 73 bis 77; Delambre, Hist. de l'Astron. mod. T. II, p. 780).

v) Seit dem Erscheinen des neuen Sternes im Fuchse vergingen 178 Jahre, ohne daß ein ähnliches Phänomen sich dargeboten hätte, obgleich in diesem langen Zeitraume der Himmel am sorgfältigsten durchmustert wurde, bei fleißigerem Gebrauch von Fernröhren und bei Vergleichung mit genaueren Sternkatalogen. Erst am 28. April 1848 machte Hind auf der Privatsternwarte von Bishop (South Villa, Regents Park) die wichtige Entdeckung eines neuen rötlich-gelben Sternes 5. Größe in dem Schlangenträger: RA. 16^h 50′ 59″, südl. Dekl. 12° 39′ 16″ für 1848. Bei keinem anderen neu erschienenen Stern ist die Neuheit der Erscheinung und die Unveränderlichkeit seiner Position mit mehr Genauigkeit erwiesen worden. Er ist jetzt (1850) kaum 11^m, und nach Lichtenbergers fleißiger Beobachtung wahrscheinlich dem Verschwinden nahe. (Notices of the Astr. Soc. Vol. VIII, p. 146 und 155 bis 158.)

Die vorliegende Zusammenstellung der seit 2000 Jahren neu erschienenen und wieder verschwundenen Sterne ist vielleicht etwas vollständiger als die, welche bisher gegeben worden sind. Sie berechtigt zu einigen allgemeinen Betrachtungen.

Man unterscheidet dreierlei: neue Sterne, die plötzlich aufstrahlen und in mehr oder weniger langer Zeit verschwinden, Sterne, deren Helle einer periodischen, schon jetzt bestimmbaren Veränderlichkeit unterliegt, und Sterne, die, wie η Argûs, auf einmal einen ungewöhnlich wachsenden und unbestimmt wechselnden Lichtglanz zeigen. Alle drei Erscheinungen sind wahrscheinlich ihrer inneren Natur nach nahe miteinander verwandt. Der neue Stern im Schwan (1600), welcher nach dem völligen Verschwinden (freilich für das unbewaffnete Auge!) wieder erschien und ein Stern 6. Größe verblieb, leitet uns auf die Verwandtschaft der beiden ersten Arten der Himmelserscheinungen. Den berühmten Tychonischen Stern in der Kassiopeia (1572) glaubte man schon in der Zeit, als er noch leuchtete, für identisch mit den neuen Sternen von 945 und 1264 halten zu dürfen. Die dreihundertjährige Periode, welche Goodricke vermutete (die partiellen Abstände der numerisch vielleicht nicht sehr sicheren Erscheinungen sind 319 und 308 Jahre!), wurde von Keill und Pigott auf 150 Jahre reduziert. Arago hat gezeigt, wie unwahrscheinlich es sei, daß Tychos Stern (1572) unter die Zahl der periodisch veränderlichen gehöre. Nichts scheint bisher zu berechtigen, alle neu erschienenen Sterne für veränderlich, und zwar in langen, uns wegen ihrer Länge unbekannt gebliebenen Perioden, zu halten. Ist z. B. das Selbstleuchten aller Sonnen des Firmaments Folge eines elektromagnetischen Prozesses in ihren Photosphären, so kann man sich (ohne lokale und temporäre Verdichtungen der Himmelsluft oder ein Dazwischentreten sogenannter kosmischer Gewölke anzunehmen) diesen Lichtprozeß als mannigfaltig verschieden, einmalig oder periodisch, regelmäßig oder unregelmäßig wiederkehrend, denken. Die elektrischen Lichtprozesse unseres Erdkörpers, als Gewitter im Luftkreise oder als Polarausströmungen sich darstellend, zeigen neben vieler unregelmäßig scheinenden Veränderlichkeit doch oft ebenfalls eine gewisse von Jahreszeiten und Tagesstunden abhängige Periodizität. Dieselbe ist sogar oft mehrere Tage hintereinander, bei ganz heiterer Luft, in der Bildung kleinen Gewölkes an bestimmten Stellen des Himmels bemerkbar, wie die oft vereitelten Kulminationsbeobachtungen von Sternen beweisen.

Eine besondere und zu beachtende Eigentümlichkeit scheint mir der Umstand zu sein, daß fast alle mit einer ungeheuren Lichtstärke, als Sterne 1. Größe und selbst stärker funkelnd

wie diese, auflodern und daß man sie, wenigstens für das bloße Auge, nicht allmählich an Helligkeit zunehmen sieht. Kepler war auf dieses Kriterium so aufmerksam, daß er das eitle Vorgeben des Antonius Laurentinus Politianus, den Stern im Schlangenträger (1604) früher als Brunowski gesehen zu haben, auch dadurch widerlegte, daß Laurentinus sagt: „apparuit nova Stella parva, et postea de die in diem crescendo apparuit lumine non multo inferior Venere, superior Jove.“ Fast ausnahmsweise erkennt man nur 3 Sterne, die nicht in 1. Größe aufstrahlten, nämlich die Sterne 3. Ordnung im Schwan (1600) und im Fuchse (1670), und Hinds neuen Stern 5. Ordnung im Schlangenträger (1848).

Es ist sehr zu bedauern, daß seit Erfindung des Fernrohrs, wie schon oben bemerkt, in dem langen Zeitraume von 178 Jahren, nur 2 neue Sterne gesehen wurden, während daß bisweilen die Erscheinungen sich so zusammendrängten, daß am Ende des 4. Jahrhunderts in 24 Jahren 4, im 13. Jahrhundert in 61 Jahren 3, am Ende des 16. und im Anfang des 17. Jahrhunderts, in der Tycho-Keplerschen Periode, in 37 Jahren 6 beobachtet wurden. Ich nehme in diesen Zahlenverhältnissen immer Rücksicht auf die chinesischen Beobachtungen außerordentlicher Sterne, deren größerer Teil nach dem Ausspruch der ausgezeichnetsten Astronomen Vertrauen verdient. Warum unter den in Europa gesehenen Sternen vielleicht der Keplersche im Schlangenträger (1604), nicht aber der Tychonische in der Kassiopeia (1572) in Ma-tuan-lins Verzeichnissen aufgeführt ist, weiß ich ebensowenig einzeln zu erklären, als warum im 16. Jahrhundert z. B. über die große in China gesehene Lichterscheinung vom Februar 1578 von europäischen Beobachtern nichts berichtet wird. Der Unterschied der Länge (114°) könnte nur in wenigen Fällen die Unsichtbarkeit erklären. Wer je mit ähnlichen Untersuchungen beschäftigt gewesen ist, weiß, daß das Nichtanführen von politischen oder Naturbegebenheiten, auf der Erde und am Himmel, nicht immer ein Beweis der Nichtexistenz solcher Begebenheiten ist, und wenn man die drei verschiedenen chinesischen im Ma-tuan-lin enthaltenen Sternverzeichnisse miteinander vergleicht, so findet man auch Kometen (z. B. die von 1385 und 1495) in dem einen Verzeichnis aufgeführt, welche in dem anderen fehlen.

Schon ältere Astronomen, Tycho und Kepler, haben, wie neuere, Sir John Herschel und Hind, darauf aufmerksam

gemacht, daß bei weitem die Mehrzahl aller in Europa und China beschriebenen neuen Sterne (ich finde 4/5) sich in der Nähe der Milchstraße oder in dieser selbst gezeigt haben. Ist, was den ringförmigen Sternschichten der Milchstraße ein so mildes Nebellicht gibt, wie mehr als wahrscheinlich ist, ein bloßes Aggregat teleskopischer Sternchen, so fällt Tychos oben erwähnte Hypothese von der Bildung neu auflodernder Fixsterne aus sich ballendem verdichteten dunstförmigen Himmelsstoff über den Haufen. Was in gedrängten Sternschichten und Sternschwärmen, falls sie um gewisse centrale Kerne rotieren, die Anziehungskräfte vermögen, ist hier nicht zu bestimmen und gehört in den mythischen Teil der Astrognosie. Unter 21 in der vorstehenden Liste aufgeführten neu erschienenen Sternen sind 5 (134, 393, 827, 1203, 1584) im Skorpion, 3 in der Kassiopeia und dem Cepheus (945, 1264, 1572), 4 im Schlangenträger (123, 1230, 1604, 1848) aufgestrahlt; aber auch sehr fern von der Milchstraße ist einmal (1012) im Widder ein neuer Stern gesehen worden (der Stern des Mönchs von St. Gallen). Kepler selbst, der den von Fabricius 1596 am Halse des Walfisches als auflodernd beschriebenen und im Oktober desselben Jahres für ihn verschwundenen Stern für einen neuen hielt, gibt diese Position ebenfalls für einen Gegengrund an (Kepler, De Stella nova Serp. p. 112). Darf man aus der Frequenz des Aufloderns in denselben Konstellationen folgern, daß in gewissen Richtungen des Weltraums, z. B. in denen, in welchen wir die Sterne des Skorpions und der Kassiopeia sehen, die Bedingungen des Aufstrahlens durch örtliche Verhältnisse besonders begünstigt werden? Liegen nach diesen Richtungen hin vorzugsweise solche Gestirne, welche zu explosiven, kurzzeitigen Lichtprozessen geeignet sind?

Die Dauer des Leuchtens neuer Sterne ist die kürzeste gewesen in den Jahren 389, 827 und 1012. In dem ersten der genannten Jahre war sie 3 Wochen, in dem zweiten 4, in dem dritten 3 Monate. Dagegen hat des Tycho Stern in der Kassiopeia 17 Monate lang geleuchtet, Keplers Stern im Schwan (1600) volle 21 Jahre bis zu seinem Verschwinden. Er erschien wieder 1655 und zwar, wie beim ersten Auflodern, in 3. Größe, um bis zu 6. zu schwinden, ohne nach Argelanders Beobachtungen in die Klasse periodisch veränderlicher Sterne zu treten.

Verschwundene Sterne. — Die Beachtung und Auf-

zählung der sogenannten verschwundenen Sterne ist von Wichtigkeit für das Aufsuchen der großen Zahl kleiner Planeten, die wahrscheinlicherweise zu unserem Sonnensystem gehören, aber trotz der Genauigkeit der neuen Positionsverzeichnisse teleskopischer Fixsterne und der neuen Sternkarten ist die Ueberzeugung der Gewißheit, daß ein Stern an dem Himmel wirklich seit einer bestimmten Epoche verschwunden ist, doch nur bei großer Sorgfalt zu erlangen. Beobachtungs-, Reduktions- und Druckfehler[6] entstellen oft die besten Kataloge. Das Verschwinden der Weltkörper an den Orten, wo man sie ehemals bestimmt gesehen, kann so gut die Folge eigener Bewegung als eine solche Schwächung des Lichtprozesses auf der Oberfläche oder in der Photosphäre sein, daß die Lichtwellen unser Sehorgan nicht mehr hinlänglich anregen. Was wir nicht mehr sehen, ist darum nicht untergegangen. Die Idee der Zerstörung, des Ausbrennens von unsichtbar werdenden Sternen gehört der Tychonischen Zeit an. Auch Plinius fragt in der schönen Stelle über Hipparch: „Stellae an obirent nascerenturve." Der ewige scheinbare Weltwechsel des Werdens und Vergehens ist nicht Vernichtung, sondern Uebergang der Stoffe in neue Formen, in Mischungen, die neue Prozesse bedingen. Dunkele Weltkörper können durch einen erneuerten Lichtprozeß plötzlich wieder aufstrahlen.

Periodisch veränderliche Sterne. — Da an der Himmelsdecke sich alles bewegt, alles dem Raum und der Zeit nach veränderlich ist, so wird man durch Analogieen zu der Vermutung geleitet, daß, wie die Fixsterne insgesamt eine ihnen eigentümliche, nicht etwa bloß scheinbare, Bewegung haben, ebenso allgemein die Oberfläche oder die leuchtende Atmosphäre derselben Veränderungen erleiden, welche bei der größeren Zahl dieser Weltkörper in überaus langen und daher ungemessenen, vielleicht unbestimmbaren, Perioden wiederkehren; bei wenigen, ohne periodisch zu sein, wie durch eine plötzliche Revolution, auf bald längere, bald kürzere Zeit eintreten. Die letztere Klasse von Erscheinungen, von der in unseren Tagen ein großer Stern im Schiffe ein merkwürdiges Beispiel darbietet, wird hier, wo nur von veränderlichen Sternen in schon erforschten und gemessenen Perioden die Rede ist, nicht behandelt. Es ist wichtig, drei große siderale Naturphänomene, deren Zusammenhang noch nicht erkannt worden ist, voneinander zu trennen, nämlich veränderliche Sterne von bekannter Periodizität, Auflodern

von sogenannten neuen Sternen, und plötzliche Lichtveränderung von längst bekannten, vormals in gleichförmiger Intensität leuchtender Fixsternen. Wir verweilen zuerst ausschließlich bei der ersten Form der Veränderlichkeit, wovon das am frühesten genau beobachtete Beispiel (1638) durch Mira Ceti, einen Stern am Halse des Walfisches, dargeboten ward. Der ostfriesische Pfarrer David Fabricius, der Vater des Entdeckers der Sonnenflecken, hatte allerdings schon 1596 den Stern am 13. August als einen 3. Größe beobachtet und im Oktober desselben Jahres verschwinden sehen. Den alternierend wiederkehrenden Lichtwechsel, die periodische Veränderlichkeit entdeckte erst 42 Jahre später ein Professor von Franeker, Johann Phocylides Holwarda. Dieser Entdeckung folgte in demselben Jahrhundert noch die zweier anderer vaterländischer Sterne, β Persei (1669), von Montanari und χ Cygni (1687), von Kirch beschrieben.

Unregelmäßigkeiten, welche man in den Perioden bemerkte, und die vermehrte Zahl der Sterne derselben Klasse haben seit dem Anfang des 19. Jahrhunderts das Interesse für diese so komplizierte Gruppe von Erscheinungen auf das lebhafteste angeregt. Bei der Schwierigkeit des Gegenstandes und bei meinem Streben, in diesem Werke die numerischen Elemente der Veränderlichkeit, als die wichtigste Frucht aller Beobachtung, so darlegen zu können, wie sie in dem dermaligen Zustande der Wissenschaft erforscht sind, habe ich die freundliche Hilfe des Astronomen in Anspruch genommen, welcher sich unter unseren Zeitgenossen mit der angestrengtesten Thätigkeit und dem glänzendsten Erfolge dem Studium der periodisch veränderlichen Sterne gewidmet hat. Die Zweifel und Fragen, zu denen mich meine eigene Arbeit veranlaßte, habe ich meinem gütigen Freunde Argelander, Direktor der Sternwarte zu Bonn, vertrauensvoll vorgelegt, und seinen handschriftlichen Mitteilungen allein verdanke ich, was hier folgt und großenteils auf anderen Wegen noch nicht veröffentlicht worden ist.

Die Mehrzahl der veränderlichen Sterne ist allerdings rot oder rötlich, keineswegs aber sind es alle. So z. B. haben ein weißes Licht, außer β Persei (Algol am Medusenhaupte), auch β Lyrae und ε Aurigae. Etwas gelblich ist η Aquilae und in noch geringerem Grade ζ Geminorum. Die ältere Behauptung, daß einige veränderliche Sterne, besonders Mira Ceti, beim Abnehmen röter seien als beim Zu-

nehmen der Helligkeit, scheint ungegründet. Ob in dem Doppelstern α Herculis, in welchem der große Stern von Sir William Herschel rot, von Struve gelb, der Begleiter dunkelblau genannt wird; dieser kleine Begleiter, zu 5^m bis 7^m geschätzt, selbst auch veränderlich ist, scheint sehr problematisch. Struve[7] selbst sagt auch nur: suspicor minorem esse variabilem. Veränderlichkeit ist keineswegs an die rote Farbe gebunden. Es gibt viele rote Sterne, zum Teil sehr rote, wie Arcturus und Aldebaran, an denen noch keine Veränderlichkeit bisher wahrgenommen worden ist. Dieselbe ist auch mehr als zweifelhaft in einem Stern des Cepheus (Nr. 7582 des Katalogs der britischen Assoziation), welchen wegen seiner außerordentlichen Röte William Herschel 1782 den Granatstern genannt hat.

Die Zahl der periodisch veränderlichen Sterne ist schon deshalb schwierig anzugeben, weil die bereits ermittelten Perioden von sehr ungleicher Unsicherheit sind. Die zwei veränderlichen Sterne des Pegasus, sowie α Hydrae, ε Aurigae, α Cassiopeae haben nicht die Sicherheit von Mira Ceti, Algol und δ Cephei. Bei der Aufzählung in einer Tabelle kommt es also darauf an, mit welchem Grade der Gewißheit man sich begnügen wolle. Argelander zählt, wie in seiner am Ende dieser Untersuchung abgedruckten Uebersichtstafel zu ersehen ist, der befriedigend bestimmten Perioden nur 24 auf.[8]

Wie das Phänomen der Veränderlichkeit sich bei roten und einigen weißen Sternen findet, so bieten es auch Sterne von den verschiedensten Größenordnungen dar: z. B. ein Stern 1^m α Orionis; 2^m Mira Ceti, α Hydrae, α Cassiopeae, β Pegasi; 2.3^m β Persei; 3.4^m η Aquilae und β Lyrae. Es gibt aber zugleich auch, und in weit größerer Menge, veränderliche Sterne 6^m bis 9^m, wie die variabiles Coronae, Virginis, Cancri und Aquarii. Der Stern χ im Schwan hat ebenfalls im Maximum sehr große Schwankungen.

Daß die Perioden der veränderlichen Sterne sehr unregelmäßig sind, war längst bekannt; aber daß diese Veränderlichkeit in ihrer scheinbaren Unregelmäßigkeit bestimmten Gesetzen unterworfen ist, hat Argelander zuerst ergründet. Er hofft es in einer eigenen, größeren Abhandlung umständlicher erweisen zu können. Bei χ Cygni hält er jetzt zwei Perturbationen in der Periode, die eine von 100, die andere von 8½ Einzelperioden, für wahrscheinlicher als eine von 108. Ob solche Störungen in Veränderungen des Lichtprozesses,

welcher in der Atmosphäre des Sternes vorgeht, gegründet sind, oder in der Umlaufszeit eines um die Fixsternsonne χ Cygni kreisenden, auf die Gestalt jener Photosphäre durch Anziehung wirkenden Planeten, bleibt freilich noch ungewiß. Die größten Unregelmäßigkeiten in der Veränderung der Intensität bietet sicherlich variabilis Scuti (des Sobieskischen Schildes) dar, da dieser Stern bisweilen von 5.4^m bis zu 9^m herabsinkt, ja nach Pigott am Ende des vorigen Jahrhunderts einmal ganz verschwunden sein soll. Zu anderen Zeiten sind seine Schwankungen in der Helligkeit nur zwischen 6.5^m und 6^m gewesen. Im Maximum hat χ Cygni zwischen 6.7^m und 4^m, Mira zwischen 4^m und 2.1^m geschwankt. Dagegen zeigt δ Cephei eine außerordentliche, ja von allen veränderlichen die größte Regelmäßigkeit in der Länge der Perioden, wie 87 zwischen dem 10. Oktober 1840 und 8. Januar 1848 und noch später beobachtete Minima erwiesen haben. Bei ε Aurigae geht die von einem unermüdlichen Beobachter, Herrn Heis in Aachen, aufgefundene Veränderung der Lichthelle nur von 3.4^m bis 4.5^m.

Große Unterschiede der Helligkeit im Maximum zeigt Mira Ceti. Im Jahre 1779 z. B. war (6. November) Mira nur wenig schwächer als Aldebaran gewesen, gar nicht selten heller, als Sterne 2^m, während dieser veränderliche Stern zu anderen Zeiten nicht die Intensität (4^m) von δ Ceti erreichte. Seine mittlere Helligkeit ist gleich der von γ Ceti (3^m). Wenn man die Helligkeit der schwächsten dem unbewaffneten Auge sichtbaren Sterne mit 0, die des Aldebaran mit 50 bezeichnet, so hat Mira in ihrem Maximum zwischen 20 und 47 geschwankt. Ihre wahrscheinliche Helligkeit ist durch 30 auszudrücken, sie bleibt öfter unter dieser Grenze, als sie dieselbe übersteigt. Die Uebersteigungen sind aber, wenn sie eintreten, dem Grade nach bedeutender. Eine entschiedene Periode dieser Oszillationen ist noch nicht entdeckt, aber es gibt Andeutungen von einer 40jährigen und einer 160jährigen Periode.

Die Dauer der Perioden der Lichtveränderung variiert nach der Verschiedenheit der Sterne wie 1:250. Die kürzeste Periode bietet unstreitig β Persei dar, von 68 Stunden 49 Minuten; wenn sich nicht die des Polaris von weniger als 2 Tagen bestätigen sollte. Auf β Persei folgen zunächst δ Cephei (5 T. 8 St. 49 Min.), η Aquilae (7 T. 4 St. 14 Min.) und ζ Geminorum (10 T. 3 St. 35 Min.). Die längste Dauer der Lichtveränderung haben: 30 Hydrae Hevelii

von 495 Tagen, χ Cygni von 406 T., variabilis Aquarii von 388 T., Serpentis S von 367 T. und Mira Ceti von 332 T. Bei mehreren veränderlichen ist es ganz entschieden, daß sie geschwinder zu- als abnehmen; am auffallendsten zeigt sich diese Erscheinung bei δ Cephei. Andere brauchen gleiche Zeit zum Zu- und Abnehmen (z. B. β Lyrae). Bisweilen erkennt man sogar in diesem Verhältnis eine Verschiedenheit bei denselben Sternen, aber in verschiedenen Epochen ihrer Lichtprozesse. Mira Ceti nimmt in der Regel (wie δ Cephei) rascher zu als ab; doch ist bei Mira auch schon das Entgegengesetzte beobachtet worden.

Was Perioden von Perioden betrifft, so zeigen sich solche mit Bestimmtheit bei Algol, bei Mira Ceti, bei β Lyrae und mit vieler Wahrscheinlichkeit bei χ Cygni. Die Abnahme der Periode von Algol ist jetzt unbezweifelt. Goodricke hat dieselbe nicht gefunden, wohl aber Argelander, als er im Jahre 1842 über 100 sichere Beobachtungen vergleichen konnte, von denen die äußersten über 58 Jahre (7600 Perioden umfassend) voneinander entfernt waren (Schumachers astron. Nachr. Nr. 472 und 624). Die Abnahme der Dauer wird immer bemerkbarer.[9] Für die Perioden des Maximums von Mira (das von Fabricius 1596 beobachtete Maximum der Helligkeit mit eingerechnet) hat Argelander eine Formel[10] aufgestellt, aus welcher alle Maxima sich so ergeben, daß der wahrscheinliche Fehler, bei einer langen Periode der Veränderlichkeit von 331 T. 8 St., im Mittel nicht 7 Tage übersteigt, während bei Annahme einer gleichförmigen Periode er 15 Tage sein würde.

Das doppelte Maximum und Minimum von β Lyrae in jeder fast 13tägigen Periode hat schon der Entdecker Goodricke (1784) sehr richtig erkannt; es ist aber durch die neuesten Beobachtungen noch mehr außer Zweifel gesetzt worden. Merkwürdig ist es, daß der Stern in beiden Maximis dieselbe Helligkeit erlangt, aber in dem Hauptminimum wird er um eine halbe Größe schwächer als in dem anderen. Seit der Entdeckung der Veränderlichkeit von β Lyrae ist die Periode in der Periode wahrscheinlich immer länger geworden. Anfangs war die Veränderlichkeit rascher, dann wurde sie allmählich langsamer, und diese Zunahme der Langsamkeit fand ihre Grenze zwischen den Jahren 1840 und 1844. In dieser Zeit blieb die Dauer ungefähr dieselbe, jetzt ist sie bestimmt wieder im Abnehmen begriffen. Etwas Aehnliches wie

das doppelte Maximum von β Lyrae zeigt sich bei δ Cephei; es ist insofern eine Hinneigung zu einem zweiten Maximum, als die Lichtabnahme nicht gleichförmig fortschreitet, sondern nachdem sie anfangs ziemlich rasch gewesen ist, nach einiger Zeit ein Stillstand oder wenigstens eine sehr unbedeutende Abnahme in der Helligkeit eintritt, bis die Abnahme auf einmal wieder rascher wird. Es ist, als wenn bei einigen Sternen das Licht gehindert werde, sich völlig zu einem zweiten Maximum zu erheben. In χ Cygni walten sehr wahrscheinlich, wie (S. 165) gesagt, zwei Perioden der Veränderlichkeit, eine größere von 100 und eine kleinere von 8½ Einzelperioden.

Die Frage, ob im ganzen mehr Regelmäßigkeit bei veränderlichen Sternen von sehr kurzen als von sehr langen Perioden herrsche, ist schwer zu beantworten. Die Abweichungen von einer gleichförmigen Periode können nur relativ genommen werden, d. h. in Teilen dieser Periode selbst. Um bei langen Perioden zu beginnen, müssen χ Cygni, Mira Ceti und 30 Hydrae zuerst betrachtet werden. Bei χ Cygni gehen die Abweichungen von der Periode (406,0634 T.), welche in der Voraussetzung einer gleichförmigen Veränderlichkeit am wahrscheinlichsten ist, bis auf 39,4 T. Wenn auch von diesen ein Teil den Beobachtungsfehlern zugeschrieben wird, so bleiben gewiß noch 29 bis 30 Tage, d. i. $1/14$ der ganzen Periode. Bei Mira Ceti,[11] in einer Periode von 331,340 T., gehen die Abweichungen auf 5,55 T.; sie gehen so weit, selbst wenn man die Beobachtung von David Fabricius unberücksichtigt läßt. Beschränkt man die Schätzung wegen der Beobachtungsfehler auf 40 Tage, so erhält man $1/8$, also im Vergleich mit χ Cygni eine fast doppelt große Abweichung. Bei 30 Hydrae, welche eine Periode von 495 Tagen hat, ist dieselbe gewiß noch größer, vielleicht $1/5$. Die veränderlichen Sterne mit sehr kurzen Perioden sind erst seit wenigen Jahren (seit 1840 und noch später) anhaltend und mit gehöriger Genauigkeit beobachtet worden, so daß, auf sie angewandt, das hier behandelte Problem noch schwerer zu lösen ist. Es scheinen jedoch nach den bisherigen Erfahrungen weniger große Abweichungen sich darzubieten. Bei η Aquilae (Periode 7 T. 4 St.) sind sie nur auf $1/16$ oder $1/17$ der ganzen Periode, bei β Lyrae (Periode 12 T. 21 St.) auf $1/27$ oder $1/30$ gestiegen; aber diese Untersuchung ist bisher noch vielen Ungewißheiten unterworfen bei Vergleichung kurzer und langer Perioden. Von

β Lyrae sind 1700 bis 1800 Perioden beobachtet, von Mira Ceti 279, von χ Cygni gar nur 145.

Die angeregte Frage, ob Sterne, die lange in regelmäßigen Perioden sich veränderlich gezeigt haben, aufhören es zu sein, scheint verneint werden zu müssen. So wie es unter den fortwährend veränderlichen Sternen solche gibt, welche zuweilen eine sehr starke, zuweilen eine sehr schwache Veränderlichkeit zeigen (z. B. variabilis Scuti), so scheint es auch andere zu geben, deren Veränderlichkeit zu gewissen Zeiten so gering ist, daß wir sie mit unseren beschränkten Mitteln nicht wahrzunehmen vermögen. Dahin gehört variabilis Coronae bor. (Nr. 5236 im Katalog der British Association), von Pigott als veränderlich erkannt und eine Zeitlang beobachtet. Im Winter 1795/96 ward der Stern völlig unsichtbar; später erschien er wieder und seine Lichtveränderungen wurden von Koch beobachtet. Harding und Westphal fanden seine Helligkeit 1817 fast ganz konstant, bis 1824 wieder Olbers seinen Lichtwechsel beobachten konnte. Die Konstanz trat nun wieder ein und wurde vom August 1843 bis September 1845 von Argelander ergründet. Ende September fing eine neue Abnahme an. Im Oktober war der Stern im Kometensucher nicht mehr sichtbar, erschien wieder im Februar 1846 und erreichte anfangs Juni seine gewöhnliche 6. Größe. Er hat sie seitdem behalten, wenn man kleine und nicht sehr sichere Schwankungen abrechnet. Zu dieser rätselhaften Klasse von Sternen gehört auch variabilis Aquarii, und vielleicht Jansons und Keplers Stern im Schwan von 1600, dessen wir bereits unter den neu erschienenen Sternen gedacht haben.

Tabelle über die veränderlichen Sterne von Fr. Argelander.

Nr.	Bezeichnung des Sterns	Dauer der Periode			Helligkeit im Maximum	Minim.	Name des Entdeckers und Zeit der Entdeckung
		T.	St	Min.	Größe Gr.	Gr Gr	
1	o Ceti	331	20	—	4 bis 2.1	0	Holwarda
2	β Persei	2	20	49	2.3	4	Montanari
3	χ Cygni	406	1	30	6.7 bis 4	0	Gottfr. Kirch
4	30 Hydrae Hev.	495	—	—	5 „ 4	0	Maraldi
5	Leonis R, 420 M.	312	18	—	5	0	Koch
6	η Aquilae	7	4	14	3.4	5.4	E. Pigott
7	β Lyrae	12	21	45	3.4	4.5	Goodricke
8	δ Cephei	5	8	49	4.3	5.4	Goodricke
9	α Herculis	66	8	—	3	3.4	Wilh. Herschel
10	Coronae R	323	—	—	6	0	E. Pigott
11	Scuti R	71	17	—	6.5 bis 5.4	9 bis 6	E. Pigott
12	Virginis R	145	21	—	7 „ 6.7	0	Harding
13	Aquarii R	388	13	—	9 „ 6.7	0	Harding
14	Serpentis R	359	—.	—	6.7	0	Harding
15	Serpentis S	367	5	—	8 „ 7.8	0	Harding
16	Cancri R	380	—	—	7	0	Schwerd
17	α Cassiopeae	79	3	—	2	3.2	Birt
18	α Orionis	196	0	—	1	1.2	John Herschel
19	α Hydrae	55	—	—	2	2.3	John Herschel
20	ε Aurigae		?		3.4	4.5	Heis
21	ζ Geminorum	10	3	35	4.3	5.4	Schmidt
22	β Pegasi	40	23	—	2	2.3	Schmidt
23	Pegasi R	350	—	—	8	0	Hind
24	Cancri S		?		7.8	0	Hind

Bemerkungen.

Die 0 in der Kolumne für das Minimum bedeutet, daß der Stern zur Zeit desselben schwächer als 10. Größe ist. Um die kleineren veränderlichen Sterne, die meistens weder Namen noch sonstige Bezeichnungen haben, einfach und bequem angeben zu können, habe ich mir erlaubt, ihnen Buchstaben beizulegen, und zwar, da die griechischen und kleinen lateinischen zum großen Teile schon von Bayer gebraucht worden sind, die des großen Alphabets.

Außer den in der Tabelle aufgeführten gibt es fast noch ebenso viele Sterne, die der Veränderlichkeit verdächtig sind, indem sie von verschiedenen Beobachtern mit verschiedenen Größen an-

geführt werden. Da diese Schätzungen aber nur gelegentliche und nicht mit großer Schärfe ausgeführt waren, auch verschiedene Astronomen verschiedene Grundsätze beim Schätzen der Größen haben, so scheint es sicherer, solche Fälle nicht zu berücksichtigen, bis derselbe Beobachter zu verschiedenen Zeiten entschiedene Veränderlichkeit gefunden hat. Bei allen in der Tafel angegebenen ist dies der Fall; und ihr periodischer Lichtwechsel ist sicher, auch wo die Periode selbst noch nicht hat bestimmt werden können. Die angegebenen Perioden beruhen zum größten Teil auf eigenen Untersuchungen sämtlicher bekannt gewordener älterer und meiner über zehn Jahre umfassenden, noch ungedruckten Beobachtungen. Ausnahmen werden in den folgenden Notizen über die einzelnen Sterne angegeben werden.

In diesen gelten die Positionen für 1850 und sind in gerader Aufsteigung und Abweichung ausgedrückt. Der oft gebrauchte Ausdruck Stufe bedeutet einen Unterschied in der Helligkeit, welcher sich noch sicher mit bloßen Augen erkennen läßt, oder für die mit unbewaffnetem Auge unsichtbaren Sterne durch einen Fraunhoferschen Kometensucher von 24 Zoll Brennweite. Für die helleren Sterne über 6. Größe beträgt eine Stufe ungefähr den zehnten Teil des Unterschiedes, um welchen die einander folgenden Größenklassen voneinander verschieden sind; für die kleineren Sterne sind die gebräuchlichen Größenklassen bedeutend enger.

1) o Ceti; AR. 32° 57′, Decl. — 3° 40′; auch wegen seines wunderbaren Lichtwechsels, der an diesem Sterne zuerst wahrgenommen wurde, Mira genannt. Schon in der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts erkannte man die Periodizität dieses Sterns, und Boulliaud bestimmte die Dauer der Periode auf 333 Tage; indes fand man auch zugleich, daß diese Dauer bald länger, bald kürzer sei, sowie, daß der Stern in seinem größten Lichte bald heller, bald schwächer erscheine. Dies hat nun die Folgezeit vollkommen bestätigt. Ob der Stern jemals ganz unsichtbar wird, ist noch nicht entschieden; man hat ihn zuweilen 11. oder 12. Größe zur Zeit des Minimums gesehen, zu anderen Zeiten mit drei- und vierfüßigen Fernröhren nicht sehen können. So viel ist gewiß, daß er eine lange Zeit schwächer als 10. Größe ist. Es sind aber überhaupt über dies Stadium nur wenige Beobachtungen vorhanden; die meisten beginnen erst, wenn er als 6. Größe dem bloßen Auge sich zu zeigen anfängt. Von diesem Zeitpunkte nimmt der Stern nun anfangs rasch, dann langsamer, zuletzt kaum merklich an Helligkeit zu; dann wieder, erst langsam, nachher rascher, ab. Im Mittel dauert die Zeit der Lichtzunahme von der 6. Größe an 50, die der Lichtabnahme bis zur genannten Helligkeit 69 Tage, so daß der Stern also ungefähr vier Monate mit bloßen Augen sichtbar ist. Allein dies ist nur die mittlere Dauer der Sichtbarkeit; zuweilen hat sie sich auf fünf Monate gesteigert, während sie zu anderen Zeiten nur drei Monate

gewesen ist. Ebenso ist auch die Dauer der Lichtzu- und Abnahme großen Schwankungen unterworfen, und jene zuweilen langsamer als diese, wie im Jahre 1840, wo der Stern 62 Tage brauchte, um bis zur größten Helligkeit zu kommen, und in 49 Tagen von dieser bis zur Unsichtbarkeit mit bloßen Augen herabsank. Die kürzeste beobachtete Dauer des Wachsens fand im Jahre 1679 mit 30 Tagen statt; die längste, von 67 Tagen, ward im Jahr 1709 beobachtet. Die Lichtabnahme dauerte am längsten im Jahre 1839, nämlich 91 Tage; am kürzesten im Jahre 1660, nämlich nur 52 Tage. Zuweilen verändert der Stern zur Zeit seiner größten Helligkeit diese einen Monat lang kaum merklich, zu anderen Zeiten läßt sich schon nach wenigen Tagen eine Veränderung deutlich wahrnehmen. Bei einigen Erscheinungen hat man, nachdem der Stern einige Wochen an Helligkeit abgenommen hatte, während mehrerer Tage einen Stillstand, oder wenigstens eine kaum merkliche Lichtabnahme wahrgenommen; so im Jahre 1678 und 1847.

Die Helligkeit im Maximum ist, wie schon erwähnt, auch keineswegs immer dieselbe. Bezeichnet man die Helligkeit der schwächsten mit bloßen Augen sichtbaren Sterne mit 0, die des Aldebaran (α im Stier), eines Sterns 1. Größe, mit 50, so hat die Helligkeit von Mira im Maximum zwischen 20 und 47 geschwankt, d. h. zwischen der Helligkeit der Sterne 4. und 1. bis 2. Größe; die mittlere Helligkeit ist 28 oder die des Sterns γ Ceti. Aber fast noch unregelmäßiger hat sich die Dauer der Periode gezeigt; im Mittel beträgt dieselbe 331 Tage 20 Stunden, ihre Schwankungen aber steigen bis auf einen Monat, denn die kürzeste von einem Maximum bis zum nächsten verflossene Zeit war nur 306 Tage, die längste dagegen 367 Tage. Und noch auffallender werden diese Unregelmäßigkeiten, wenn man die einzelnen Erscheinungen des größten Lichtes selbst mit denjenigen vergleicht, welche stattfinden sollten, wenn man diese Maxima unter Annahme einer gleichförmigen Periode berechnet. Die Unterschiede zwischen Rechnung und Beobachtung steigen dann auf 50 Tage; und zwar zeigt es sich, daß diese Unterschiede mehrere Jahre hintereinander nahe von derselben Größe und nach derselben Seite hin sind. Dies deutet offenbar auf eine Störung in den Lichterscheinungen hin, welche eine sehr lange Periode hat. Die genauere Rechnung hat aber erwiesen, daß man mit einer Störung nicht ausreicht, sondern mehrere annehmen muß, die freilich aus derselben Ursache herrühren können, und zwar eine, die nach 11, eine zweite, die nach 88, eine dritte, die nach 176, und eine vierte, die erst nach 264 Einzelperioden wiederkehrt. Danach entsteht die S. 185 Anm. 10 angeführte Sinusformel, mit welcher nun die einzelnen Maxima sehr nahe stimmen, obgleich immer noch Abweichungen vorhanden sind, die sich durch Beobachtungsfehler nicht erklären lassen.

2) β Persei, Algol; AR. 44° 36′, Decl. + 40° 22′. Obgleich Geminiano Montanari schon im Jahre 1667 die Veränder-

lichkeit dieses Sterns bemerkt und Maraldi sie gleichfalls beobachtet hatte, fand doch erst Goodricke im Jahre 1782 die Regelmäßigkeit derselben. Der Grund hiervon ist wohl darin zu suchen, daß der Stern nicht wie die meisten übrigen veränderlichen allmählich an Helligkeit ab- und zunimmt, sondern während 2 Tagen 13 Stunden in der gleichen 2., 3. Größe glänzt, und nur 7 bis 8 Stunden lang sich in geringerer zeigt, wobei er bis zur 4. Größe herabsinkt. Die Ab- und Zunahme der Helligkeit ist nicht ganz regelmäßig, sondern geht in der Nähe des Minimums rascher vor sich, woher sich auch der Zeitpunkt der geringsten Helligkeit auf 10 bis 15 Minuten genau bestimmen läßt. Merkwürdig ist dabei, daß der Stern nachdem er gegen eine Stunde an Licht zugenommen hat, etwa ebenso lange fast in derselben Helligkeit bleibt, und dann erst wieder merklich wächst. Die Dauer der Periode wurde bisher für vollkommen gleichförmig gehalten, und Wurm konnte, indem er sie zu 2 Tagen 21 Stunden 48 Minuten 58½ Sekunden annahm, alle Beobachtungen gut darstellen. Eine genauere Berechnung, bei der ein fast doppelt so großer Zeitraum benutzt werden konnte, als der Wurm zu Gebote gestanden, hat aber gezeigt, daß die Periode allmählich kürzer wird. Sie war im Jahre 1784 2 Tage 20 Stunden 48 Minuten 59,4 Sekunden und im Jahre 1842 nur 2 Tage 20 Stunden 48 Minuten 55,2 Sekunden. Aus den neuesten Beobachtungen wird es außerdem sehr wahrscheinlich, daß also auch diese Abnahme der Periode jetzt schneller vor sich geht als früher, so daß also auch bei diesem Sterne mit der Zeit eine Sinusformel für die Störung der Periode sich ergeben wird. Diese gegenwärtige Verkürzung der Periode würde sich übrigens erklären lassen, wenn wir annehmen, daß Algol sich uns jedes Jahr 500 Meilen mehr nähert, oder sich um so viel weniger von uns entfernt wie das vorhergehende, indem dann das Licht um so viel früher jedes Jahr zu uns gelangen muß, als die Abnahme der Periode fordert, nämlich ungefähr 12 Tausendteile einer Sekunde. Ist dies der wahre Grund, so muß natürlich mit der Zeit eine Sinusformel sich ergeben.

3) χ Cygny; AR. 296° 12′, Decl. + 32° 32′. Auch dieser Stern zeigt nahe dieselben Unregelmäßigkeiten wie Mira; die Abweichungen der beobachteten Maxima von den mit einer gleichförmigen Periode berechneten gehen bis auf 40 Tage, werden aber sehr verringert durch Einführung einer Störung von 8½ Einzelperioden und einer anderen von 100 solcher Perioden. Im Maximum erreicht der Stern im Mittel die Helligkeit von schwach 5 Größe, oder eine hellere Stufe als der Stern 17 Cygni. Die Schwankungen sind aber auch hier sehr bedeutend und sind von 13 Stufen unter der mittleren bis 10 Stufen über derselben beobachtet worden. Wenn der Stern jenes schwächste Maximum hatte, war er dem bloßen Auge ganz unsichtbar, wogegen er im Jahre 1847 volle 97 Tage ohne Fernglas gesehen werden konnte;

seine mittlere Sichtbarkeit ist 52 Tage, wovon er im Mittel 20 Tage im Zunehmen und 32 im Abnehmen ist.

4) 30 Hydrae Hevelii; AR. 200° 23′, Decl. — 22° 30′. Von diesem Sterne, der wegen seiner Lage am Himmel nur kurze Zeit jedes Jahr zu sehen ist, läßt sich nur sagen, daß sowohl seine Periode, als auch seine Helligkeit im Maximum sehr großen Unregelmäßigkeiten unterworfen sind.

5) Leonis R = 420 Mayeri; AR. 144° 52′, Decl. + 12° 7′. Dieser Stern ist häufig mit den nahe bei ihm stehenden Sternen 18 und 19 Leonis verwechselt und deshalb sehr wenig beobachtet worden; indes doch hinlänglich, um zu zeigen, daß die Periode ziemlich unregelmäßig ist. Auch scheint die Helligkeit im Maximum um einige Stufen zu schwanken.

6) η Aquilae, auch η Antinoi genannt; AR. 296° 12′, Decl. + 0° 37′. Die Periode dieses Sterns ist ziemlich gleichförmig 7 Tage 4 Stunden 13 Minuten 53 Sekunden; aber doch zeigen die Beobachtungen, daß auch in ihr nach längeren Zeiträumen kleine Schwankungen vorkommen, die jedoch nur auf etwa 20 Sekunden gehen. Der Lichtwechsel selbst geht so regelmäßig vor sich, daß bis jetzt noch keine Abweichungen sichtbar geworden sind, die nicht durch Beobachtungsfehler sich erklären ließen. Im Minimum ist der Stern eine Stufe schwächer als ι Aquilae; er nimmt dann erst langsam, darauf rascher, zuletzt wieder langsam zu, und erreicht 2 Tage 9 Stunden nach dem Minimum seine größte Helligkeit, in der er fast drei Stufen heller wird als β, aber noch zwei Stufen schwächer bleibt als δ Aquilae. Vom Maximum sinkt die Helligkeit nicht so regelmäßig herab, indem sie, wenn der Stern die Helligkeit von β erreicht hat (1 Tag 10 Stunden nach dem Maximum), sich langsamer verändert als vorher und nachher.

7) β Lyrae; AR. 281° 8′, Decl. + 33° 11′; ein merkwürdiger Stern dadurch, daß er zwei Maxima und zwei Minima hat. Wenn er im kleinsten Lichte, $^1/_3$ Stufe schwächer als ζ Lyrae, gewesen ist, steigt er in 3 Tagen 5 Stunden bis zu seinem ersten Maximum, in welchem er $^3/_4$ Stufen schwächer bleibt als γ Lyrae. Darauf sinkt er in 3 Tagen 3 Stunden zu seinem zweiten Maximum herab, in welchem seine Helligkeit die von ζ um 5 Stufen übertrifft. Nach weiteren 3 Tagen 2 Stunden erreicht er im zweiten Maximum wieder die Helligkeit des ersten, und sinkt nun in 3 Tagen 12 Stunden wieder zur geringsten Helligkeit hinab, so daß er in 12 Tagen 21 Stunden 46 Minuten 40 Sekunden seinen ganzen Lichtwechsel durchläuft. Diese Dauer der Periode gilt aber nur für die Jahre 1840 bis 1844; früher ist sie kürzer gewesen, im Jahre 1784 um $2^1/_2$ Stunden, 1817 und 1818 um mehr als eine Stunde; und jetzt zeigt sich deutlich wieder eine Verkürzung derselben. Es ist also nicht zweifelhaft, daß auch bei diesem Sterne die Störung der Periode sich durch eine Sinusformel wird ausdrücken lassen.

8) δ Cephei, AR. 335° 54′, Decl. + 57° 39′; zeigt von allen bekannten Sternen in jeder Hinsicht die größte Regelmäßigkeit. Die Periode von 5 Tagen 8 Stunden 47 Minuten 39½ Sekunden stellt alle Beobachtungen von 1784 bis jetzt innerhalb der Beobachtungsfehler dar; und durch solche können auch die kleinen Verschiedenheiten erklärt werden, welche sich in dem Gange des Lichtwechsels zeigen. Der Stern ist im Minimum ¾ Stufen heller als ε, im Maximum gleich dem Sterne ι desselben Sternbildes; er braucht 1 Tag 15 Stunden, um von jenem zu diesem zu steigen; dagegen mehr als das Doppelte dieser Zeit, nämlich 3 Tage 18 Stunden, um wieder zum Minimum zurückzukommen; von dieser letzteren Zeit verändert er sich aber 8 Stunden lang fast gar nicht und einen ganzen Tag lang nur ganz unbedeutend.

9) α Herculis; AR. 256° 57′, Decl. + 14° 34′; ein sehr roter Doppelstern, dessen Lichtwechsel in jeder Hinsicht sehr unregelmäßig ist. Oft verändert er sein Licht monatelang fast gar nicht, zu anderen Zeiten ist er im Maximum um 5 Stufen heller als im Minimum; daher ist auch die Periode noch sehr unsicher. Der Entdecker hatte sie zu 63 Tagen angenommen, ich anfänglich zu 95, bis eine sorgfältige Berechnung meiner sämtlichen Beobachtungen während sieben Jahren mir jetzt die im Texte angesetzte Periode gegeben hat. Heis glaubt die Beobachtungen durch eine Periode von 184,9 Tagen mit zwei Maximis und zwei Minimis darstellen zu können.

10) Coronae R; AR. 235° 36′, Decl. + 28° 37′. Der Stern ist nur zeitweise veränderlich; die angegebene Periode ist von Koch berechnet worden aus seinen eigenen Beobachtungen, die leider verloren gegangen sind.

11) Scuti R; AR. 279° 52′, Decl. — 5° 51′. Die Helligkeitsschwankungen dieses Sterns bewegen sich zuweilen nur innerhalb weniger Stufen, während er zu anderen Zeiten von der 5. bis zur 9. Größe hinabsinkt. Er ist noch zu wenig beobachtet worden, um zu entscheiden, ob in diesen Abwechselungen eine bestimmte Regel herrscht. Ebenso ist auch die Dauer der Periode bedeutenden Schwankungen unterworfen.

12) Virginis R; AR. 187° 43′, Decl. + 7° 49′. Er hält seine Periode und Helligkeit im Maximum mit ziemlicher Regelmäßigkeit ein; doch kommen Abweichungen vor, die mir zu groß scheinen, um sie allein Beobachtungsfehlern zuschreiben zu können.

13) Aquarii R; AR. 354° 11′, Decl. — 16° 6′.

14) Serpentis R; AR. 235° 25′, Decl. + 15° 36′.

15) Serpentis S; AR. 228° 40′, Decl. + 14° 52′.

16) Cancri R; AR. 122° 6′, Decl. + 12° 9′.

Ueber diese vier Sterne, die nur höchst dürftig beobachtet sind, läßt sich wenig mehr sagen, als die Tabelle gibt.

17) α Cassiopeae; AR. 8° 0′, Decl. + 55° 43′. Der Stern ist sehr schwierig zu beobachten; der Unterschied zwischen

Maximum und Minimum beträgt nur wenige Stufen und ist außerdem ebenso variabel, als die Dauer der Periode. Aus diesem Umstande sind die sehr verschiedenen Angaben für dieselbe zu erklären. Die angegebene, welche die Beobachtungen von 1782 bis 1849 genügend darstellt, scheint mir die wahrscheinlichste zu sein.

18) π Orionis; AR. 86° 46′, Decl. + 7° 22′. Auch dieses Sterns Lichtwechsel beträgt vom Minimum zum Maximum nur 4 Stufen; er nimmt während $91\frac{1}{2}$ Tagen zu an Helligkeit, während $104\frac{1}{2}$ ab, und zwar vom 20. bis 70. Tage nach dem Maximum ganz unmerklich. Zeitweise ist seine Veränderlichkeit noch geringer und kaum zu bemerken. Er ist sehr rot.

19) α Hydrae; AR. 140° 3′, Decl. — 8° 1′; ist von allen veränderlichen am schwierigsten zu beobachten, und die Periode noch ganz unsicher. Sir John Herschel gibt sie zu 29 bis 30 Tagen an.

20) ε Aurigae; AR. 72° 48′, Decl. + 43° 36′. Der Lichtwechsel dieses Sterns ist entweder sehr unregelmäßig, oder es finden während einer Periode von mehreren Jahren mehrere Maxima und Minima statt, was erst nach Verlauf vieler Jahre wird entschieden werden können.

21) ζ Geminorum; AR. 103° 48′, Decl. + 20° 47′. Dieser Stern hat bis jetzt einen ganz regelmäßigen Verlauf des Lichtwechsels gezeigt. Im Minimum hält seine Helligkeit die Mitte zwischen ν und υ desselben Sternbildes, im Maximnm erreicht sie die von λ nicht völlig; der Stern braucht 4 Tage 21 Stunden zum Hellwerden und 5 Tage 6 Stunden zum Abnehmen.

22) β Pegasi; AR. 344° 7′, Decl. + 27° 16′. Die Periode ist schon ziemlich gut bestimmt, über den Gang des Lichtwechsels läßt sich aber noch nichts sagen.

23) Pegasi R; AR. 344° 47′, Decl. + 9° 43′.

24) Cancri S; AR. 128° 50′, Decl. + 19° 34′.

Ueber beide Sterne ist noch nichts zu sagen.

Bonn, im August 1850. Fr. Argelander.

Veränderung des Sternlichtes in unerforschter Periodizität. — Bei der wissenschaftlichen Begründung wichtiger Naturerscheinungen im Kosmos, sei es in der tellurischen oder in der siderischen Sphäre, gebietet die Vorsicht, nicht allzu früh miteinander zu verketten, was noch in seinen nächsten Ursachen in Dunkel gehüllt ist. Deshalb unterscheiden wir gern neu erschienene und wieder gänzlich verschwundene Sterne (in der Kassiopeia 1572), neu erschienene und nicht wieder verschwundene (im Schwan 1600), veränderliche mit erforschten Perioden (Mira Ceti, Algol), Sterne, deren Lichtintensität sich verändert, ohne daß in diesem Wechsel bisher eine Periodizität entdeckt worden ist (η Argûs). Es ist keineswegs unwahrscheinlich, aber auch nicht notwendig, daß diese

vier Arten der Erscheinungen[12] ganz ähnliche Ursachen in der Photosphäre jener fernen Sonnen oder in der Natur ihrer Oberfläche haben.

Wie wir die Schilderung der neuen Sterne mit der ausgezeichnetsten dieser Klasse von Himmelsbegebenheiten, mit der plötzlichen Erscheinung des Sterns von Tycho, begonnen haben, so beginnen wir, von denselben Gründen geleitet, die Darstellung der Veränderung des Sternlichts bei unerforschter Periodizität mit den noch heutzutage fortgehenden unperiodischen Helligkeitsschwankungen von η Argûs. Dieser Stern liegt in der großen und prachtvollen Konstellation des Schiffes, der „Freude des südlichen Himmels". Schon Halley, als er 1677 von seiner Reise nach der Insel St. Helena zurückkehrte, äußerte viele Zweifel über den Lichtwechsel der Sterne des Schiffes Argo, besonders am Schilde des Vorderteils und am Verdeck (ἀσπιδίσκη und κατάστρωμα), deren relative Größenordnung Ptolemäus angegeben hatte, aber bei der Ungewißheit der Sternpositionen der Alten, bei den vielen Varianten der Handschriften des Almagest und den unsicheren Schätzungen der Lichtstärke konnten diese Zweifel zu keinen Resultaten führen. Halley hatte η Argûs 1677 4., Lacaille 1751 bereits 2. Größe gefunden. Der Stern ging wieder zu seiner früheren schwächeren Intensität zurück, denn Burchell fand ihn während seines Aufenthalts im südlichen Afrika (1811 bis 1815) von der 4. Größe. Fallows und Brisbane sahen ihn 1822 bis 1826 2^m, Burchell, der sich damals (Februar 1827) zu S. Paulo in Brasilien befand, 1^m, ganz dem α Crucis gleich. Nach einem Jahre ging der Stern wieder zu 2^m zurück. So fand ihn Burchell in der brasilianischen Stadt Goyaz am 29. Februar 1828, so führen ihn Johnson und Taylor von 1829 und 1833 in ihren Verzeichnissen auf. Auch Sir John Herschel schätzte ihn am Vorgebirge der guten Hoffnung von 1834 bis 1837 zwischen 2^m und 1^m.

Als nämlich am 16. Dezember 1837 dieser berühmte Astronom eben sich zu photometrischen Messungen von einer Unzahl teleskopischer Sterne 11^m bis 16^m rüstete, welche den herrlichen Nebelfleck um η Argûs füllen, erstaunte er, diesen oft vorher beobachteten Stern zu einer solchen Intensität des Lichtes angewachsen zu finden, daß er fast dem Glanze von α Centauri gleichkam und alle anderen Sterne 1. Größe außer Canopus und Sirius an Glanz übertraf. Am 2. Januar 1838 hatte er dieses Mal das Maximum seiner Hellig-

keit erreicht. Er wurde bald schwächer als Arcturus, übertraf aber Mitte April 1838 noch Aldebaran. Bis März 1843 erhielt er sich in der Abnahme, doch immer als Stern 1^m; dann, besonders im April 1843, nahm wieder das Licht so zu, daß nach den Beobachtungen von Mackay in Kalkutta und Maclear am Kap η Argûs glänzender als Canopus, ja fast dem Sirius gleich wurde. Diese hier bezeichnete Lichtintensität hat der Stern fast noch bis zu dem Anfang des laufenden Jahres behalten. Ein ausgezeichneter Beobachter, Lieutenant Gilliß, der die astronomische Expedition befehligt, welche die Regierung der Vereinigten Staaten an die Küste von Chile geschickt hat, schreibt von Santiago im Februar 1850: „η Argûs, mit seinem gelblich-roten Lichte, welches dunkler als das des Mars ist, kommt jetzt dem Canopus an Glanz am nächsten, und ist heller als das vereinigte Licht von α Centauri.“ [13] Seit der Erscheinung im Schlangenträger 1604 ist kein Fixstern zu einer solchen Lichtstärke und in einer langen Dauer von nun schon 7 Jahren aufgestrahlt. In den 173 Jahren (von 1677 bis 1850), in welchen wir Nachricht von der Größenordnung des schönen Sterns im Schiffe haben, hat derselbe in der Vermehrung und Verminderung seiner Intensität 8 bis 9 Oszillationen gehabt. Es ist, als ein Antriebsmittel zur dauernden Aufmerksamkeit der Astronomen auf das Phänomen einer großen, aber unperiodischen Veränderlichkeit von η Argûs, ein glücklicher Zufall gewesen, daß die Erscheinung in die Epoche der rühmlichen fünfjährigen Kapexpedition von Sir John Herschel gefallen ist.

Bei mehreren anderen, sowohl isolierten Fixsternen als von Struve beobachteten Doppelsternen (Stellarum compos. Mensurae microm. p. LXXI—LXXIII) sind ähnliche, noch nicht periodisch erkannte Lichtveränderungen bemerkt worden. Die Beispiele, die wir uns hier anzuführen begnügen, sind auf wirkliche, von demselben Astronomen zu verschiedenen Zeiten aufgestellte photometrische Schätzungen und Messungen gegründet, keineswegs aber auf die Buchstabenreihen in Bayers Uranometrie. Argelander hat in der Abhandlung De fide Uranometriae Bayerianae 1842, p. 15 sehr überzeugend erwiesen, daß Bayer gar nicht den Grundsatz befolgt, die hellen Sterne mit den früheren Buchstaben zu bezeichnen, sondern im Gegenteil in derselben Größenklasse die Buchstaben in Reihenfolge der Lage so verteilte, daß er gewöhnlich vom Kopf der Figur in jeglichem Sternbilde zu den Füßen

überging. Die Buchstabenreihe in Bayers Uranometrie hat lange den Glauben an die Lichtveränderungen verbreitet von α Aquilae, von Castor der Zwillinge und Alphard der Wasserschlange.

Struve (1838) und Sir John Herschel sahen Capella an Licht zunehmen. Der letztere findet die Capella jetzt um vieles heller als Wega, da er sie vorher immer für schwächer annahm.[14] Ebenso auch Galle und Heis in jetziger Vergleichung von Capella und Wega. Der letztere findet Wega um 5 bis 6 Stufen, also mehr als eine halbe Größenklasse, schwächer.

Die Veränderungen in dem Lichte einiger Sterne in den Konstellationen des großen und kleinen Bären verdienen besondere Aufmerksamkeit. „Der Stern η Ursae majoris,“ sagt Sir John Herschel, „ist jetzt gewiß unter den 7 hellen Sternen des großen Bären der vorleuchtendste, wenn 1837 noch ε unbestreitbar den ersten Rang einnahm.“ Diese Bemerkung hat mich veranlaßt, Herrn Heis, der sich so warm und umsichtig mit der Veränderlichkeit des Sternlichts beschäftigt, zu befragen. „Aus dem Mittel der 1842 bis 1850 zu Aachen von mir angestellten Beobachtungen,“ schreibt Herr Heis, „ergab sich die Reihenfolge: 1) ε Ursae maj. oder Alioth, 2) α oder Dubhe, 3) η oder Benetnasch, 4) ζ oder Mizar, 5) β, 6) γ, 7) δ. In den Helligkeitsunterschieden dieser 7 Sterne sind sich nahe gleich ε, α und η, so daß ein nicht ganz reiner Zustand der Luft die Reihenfolge unsicher machen kann; ζ ist entschieden schwächer als die drei genannten. Die beiden Sterne β und γ, beide merklich schwächer als ζ, sind untereinander fast gleich; δ endlich, in älteren Karten von gleicher Größe mit β und γ angegeben, ist um mehr als eine Größenordnung schwächer als diese Sterne. Veränderlich ist bestimmt ε. Obgleich der Stern in der Regel heller als α ist, so habe ich ihn doch in 3 Jahren 5mal entschieden schwächer als α gesehen. Auch β Ursae maj. halte ich für veränderlich, ohne bestimmte Perioden angeben zu können. Sir John Herschel fand in den Jahren 1840 und 1841 β Ursae min. viel heller als den Polarstern, während daß schon im Mai 1846 das Entgegengesetzte von ihm beobachtet wurde. Er vermutet Veränderlichkeit in β. Ich habe seit 1843 der Regel nach Polaris schwächer als β Ursae min. gefunden, aber von Oktober 1843 bis Juli 1849 wurde nach meinen Verzeichnissen Polaris zu 14 Malen größer als β gesehen. Daß wenigstens die Farbe

des letztgenannten Sterns nicht immer gleich rötlich ist, davon habe ich mich häufig zu überzeugen Gelegenheit gehabt; sie ist zuweilen mehr oder weniger gelb, zuweilen recht entschieden rot.[15] Alle mühevollen Arbeiten über die relative Helligkeit der Gestirne werden dann erst an Sicherheit gewinnen, wenn die Reihung nach bloßer Schätzung endlich einmal durch Messungsmethoden, welche auf die Fortschritte der neueren Optik gegründet sind, ersetzt werden kann. Die Möglichkeit, ein solches Ziel zu erreichen, darf von Astronomen und Physikern nicht bezweifelt werden.

Bei der wahrscheinlich großen physischen Aehnlichkeit der Lichtprozesse in allen selbstleuchtenden Gestirnen (in dem Centralkörper unseres Planetensystems und den fernen Sonnen oder Fixsternen) hat man längst mit Recht darauf hingewiesen, wie bedeutungs- und ahnungsvoll der periodische oder unperiodische Lichtwechsel der Sterne ist für die Klimatologie im allgemeinen, für die Geschichte des Luftkreises, d. i. für die wechselnde Wärmemenge, welche unser Planet im Lauf der Jahrtausende von der Ausstrahlung der Sonne empfangen hat, für den Zustand des organischen Lebens und dessen Entwickelungsformen unter verschiedenen Breitengraden. Der veränderliche Stern am Halse des Walfisches (Mira Ceti) geht von der 2. Größe bis zur 11., ja bis zum Verschwinden herab; wir haben eben gesehen, daß η des Schiffes Argo von der 4. Größe bis zur 1. und unter den Sternen dieser Ordnung bis zum Glanz des Canopus, fast bis zu dem von Sirius sich erhoben hat. Wenn je auch nur ein sehr geringer Teil der hier geschilderten Veränderungen in der Intensität der Licht- und Wärmestrahlung nach ab- oder aufsteigender Skala unsere Sonne angewandelt hat (und warum sollte sie von anderen Sonnen verschieden sein?), so kann eine solche Anwandlung, eine solche Schwächung oder Belebung der Lichtprozesse doch mächtigere, ja furchtbarere Folgen für unseren Planeten gehabt haben, als zur Erklärung aller geognostischen Verhältnisse und aller Erdrevolutionen erforderlich sind. William Herschel und Laplace haben zuerst diese Betrachtungen angeregt. Wenn ich hier bei denselben länger verweilt bin, so ist es nicht darum geschehen, weil ich in ihnen ausschließlich die Lösung der großen Probleme der Wärmeveränderung auf unserem Erdkörper suche. Auch die primitive hohe Temperatur des Planeten, in seiner Bildung und der Verdichtung der sich ballenden Materie gegründet, die Wärmestrahlung der tiefen

Erdschichten durch offene Klüfte und unausgefüllte Gangspalten, die Verstärkung elektrischer Ströme, eine sehr verschiedene Verteilung von Meer und Land konnten in den frühesten Epochen des Erdelebens die Wärmeverteilung unabhängig machen von der Breite, d. h. von der Stellung gegen einen Centralkörper. Kosmische Betrachtungen dürfen sich nicht einseitig auf astrognostische Verhältnisse beschränken.

Anmerkungen.

[1] (S. 151.) Ein neuer Stern ist im Sommer 1885 ganz plötzlich im Nebel der Andromeda erschienen. Messier — so schreibt der bekannte Kölner Astronom Dr. Hermann J. Klein — sah keinen Stern in dem Nebel, jedoch Fr. Wilhelm Herschel, der den Nebel mit seinen mächtigen Teleskopen untersuchte, fand den centralen hellen Teil zwar nebelig, aber mit Andeutung, daß er vielleicht in Sterne auflösbar sei. Der große Beobachter bemerkt ferner, daß die Distanz dieses Nebels dem 2000fachen der Entfernung des Sirius vergleichbar sei. Diesen Abstand zu durchlaufen, braucht das Licht 6000 Jahre (in einem Jahre durchläuft das Licht den ungeheuren Weg von mehr als 1¼ Billionen Meilen), so daß, wenn Herschels Schätzung der Entfernung richtig ist, die erst heute für uns sichtbar gewordene Neubildung in jenem Nebel sich in Wirklichkeit bereits ereignet hat zu einer Zeit, die der ältesten beglaubigten Geschichte Aegyptens und Babylons voraufgeht. Der mittlere Teil oder der sogenannte Kern des Nebels ist nicht sternartig, sondern in starken Ferngläsern gewissermaßen flockig, so daß man der Ansicht Herschels, er bestehe aus Sternen, beipflichten muß. Endlich hat 1848 der große Refraktor zu Cambridge (Nordamerika) dort innerhalb der Grenzen des Nebels mehr als 1500 einzelne Sternchen erkennen lassen, ohne daß jedoch der nebelhafte Umriß des Ganzen verschwunden wäre. Durch diese Sternmasse zogen sich zwei schmale, dunkle, parallele Streifen, gewissermaßen wie zwei Risse, die auch später von anderen Beobachtern gesehen worden sind. Das Spektroskop hat endlich gezeigt, daß dieser Nebel ein kontinuierliches Spektrum besitzt, derselbe also keine glühende Gasmasse, sondern ein dichtgedrängter Sternhaufen sein muß, wenigstens in den centralen Teilen. Dort ist nun auch der neue Stern erschienen, und die verhältnismäßig große Helligkeit, welche er zeigt, läßt gar keinen Zweifel darüber, daß es sich dabei um einen Vorgang handelt, den man als eine Weltkatastrophe bezeichnen muß. Genaueres wird sich hierüber sagen lassen, sobald günstige Witterung die Anwendung des Spektroskops gestattet. Schließlich sei noch bemerkt, daß sich im Jahre 1860 bei einem Nebelfleck im Skorpion, der in Wirklichkeit auch ein sehr dichtgedrängter Sternhaufen ist, eine Erscheinung gezeigt hat, welche große Aehnlichkeit

mit derjenigen im Andromedanebel besitzt. Damals erschien plötzlich am Orte des Nebels ein Stern 7. bis 6. Größe, nach etwa 14 Tagen war derselbe jedoch verschwunden und an seiner Stelle zeigte sich der Nebel wie früher. So weit Dr. Klein. Eine neue Erklärung dieser wunderbaren Vorgänge am Himmel brachte mit Bezug auf den neuen Stern von 1885 der Wiener Astronom Dr. M. Wilhelm Meyer. Ihm zufolge ist es ein Weltuntergang, den wir vor Augen sahen. „In der Umgebung des neuen Sternes fehlt in dem Nebel keine Materie; die dunklen Streifen in seinem Körper sind ganz wie früher sichtbar; nichts hat sich im übrigen darin verändert. Auch dieses beweist, daß in dem Nebel keine katastrophenartige Zusammenziehung des Stoffes bis zur Dichtigkeit einer Sonne, wie wir sie uns in Myriaden von Jahren sich hier vorgehend denken, stattgefunden haben kann, weil diese den ganzen Nebel in Mitleidenschaft gezogen haben müßte. Wir müssen vielmehr vermuten, daß zwei aus jener ungezählten Zahl von Sternen, welche sich um den Mittelpunkt des Nebels drängen und wie alle übrigen um dieses Centrum in mächtigem Schwunge bewegen müssen, in fürchterlichem Zusammenstoße gegeneinander schlugen; zwei Sonnen, die sich zermalmen und im vehementen Anpralle eine ganz ungeheure Hitze entwickeln, die in den Raum hinausströmt. Bereits erlöschende Teile der in ihrem Fluge jäh aufgehaltenen Sonnen geraten in neue Glut; was vorher schon glühte, wird heißer angefacht. Ein hundertfältig stärkeres Licht strahlt plötzlich von ihnen aus, und sobald die aufgewühlte Lichtwelle uns erreicht, erscheint ein neuer Stern. Aber die schnell aufzischende Glut hat keinen langen Bestand. Sie ist wie ein Funke, der vom Stahl absprüht, wenn ihn der Stein trifft. Alle neuen Sterne sind immer sofort in ihrem hellsten Lichte erschienen, um dann bald darauf in mehr oder weniger regelmäßiger Stufenfolge abzunehmen, bis sie gänzlich wieder erloschen waren. Auch der neue Stern im Nebel der Andromeda zeigt bereits ein ähnliches Verhalten. Als er zuerst aufleuchtete, war er reichlich 6. bis 7. Größe. Als ich ihn dagegen am Montag wieder sah, war er bereits zur achten Größenklasse herabgesunken, und auch seine Farbe hatte sich merklich verändert. Seitdem ist das Wetter leider trüb geworden. Allem Anscheine nach wird also schon nach wenigen Wochen das große Schauspiel zu Ende sein. Dann wird man es besser kritisieren können." — [D. Herausg.]

[2] (S. 152.) Ich bin in dem Texte ganz der Erzählung gefolgt, welche Tycho selbst gibt. Der sehr unwichtigen, aber in vielen astronomischen Schriften wiederholten Behauptung, daß Tycho zuerst durch einen Zusammenlauf von Landvolk auf die Erscheinung des neuen Sterns aufmerksam gemacht wurde, durfte daher hier nicht gedacht werden.

[3] (S. 153.) Cardanus in seinem Streite mit Tycho stieg bis zu dem Stern der Magier hinauf, welcher mit dem Stern

von 1572 identisch sein sollte. Ideler glaubt nach seinen Konjunktionsberechnungen des Saturn mit Jupiter und nach gleichen Vermutungen, die Kepler bei dem Erscheinen des neuen Sterns im Schlangenträger von 1604 ausgesprochen, daß der Stern der Weisen aus dem Morgenlande, wegen der häufigen Verwechselung von ἀστήρ und ἄστρον, nicht ein einzelner großer Stern, sondern eine merkwürdige Gestirnstellung, die große Annäherung zweier hellglänzenden Planeten zu weniger als einer Mondbreite, gewesen sei.

[4] (S. 153.) Tycho gründet sich in seiner Theorie der neuen Sternbildung aus dem kosmischen Nebel der Milchstraße auch auf die merkwürdigen Stellen des Aristoteles über den Verkehr der Kometenschweife (der dunstförmigen Ausstrahlungen der Kometenkerne) mit dem Galaxias, deren ich schon oben erwähnte.

[5] (S. 155.) Andere Angaben setzen die Erscheinung in die Jahre 388 oder 398.

[6] (S. 163.) Siehe über Beispiele von nicht verschwundenen Sternen Argelander in Schumachers astronom. Nachr. Nr. 624, S. 371. Um auch eines Beispieles aus dem Altertum zu gedenken, ist hier zu erinnern, wie die Nachlässigkeit, mit der Aratus sein poetisches Sternverzeichnis angefertigt hat, zu der oft erneuerten Frage führte, ob Wega oder Leier ein neuer oder in langen Perioden veränderlicher Stern sei. Aratus sagt nämlich, die Konstellation der Leier habe nur kleine Sterne. Auffallend ist es allerdings, daß Hipparch in dem Kommentar diesen Irrtum nicht bezeichnet, da er doch den Aratus wegen seiner Angaben von der relativen Lichtstärke der Sterne der Kassiopeia und des Schlangenträgers tadelt. Alles dieses ist aber nur zufällig und nichts beweisend; denn da Aratus auch dem Schwane nur Sterne „von mittlerem Glanze“ zuschreibt, so widerlegt Hipparch ausdrücklich diesen Irrtum, und setzt hinzu, daß der helle Stern am Schwanze (Deneb), an Lichtstärke der Leier (Wega) wenig nachstehe. Ptolemäus setzt Wega unter die Sterne erster Ordnung, und in den Katasterismen des Eratosthenes wird Wega λευκὸν καὶ λαμπρὸν genannt. Würde man bei den vielen Ungenauigkeiten eines die Sterne nicht selbst beobachtenden Dichters der Behauptung Glauben beimessen wollen, daß Wega der Leier (Fidicula des Plinius XVIII, 25) erst zwischen den Jahren 282 und 127 vor unserer Zeitrechnung, zwischen Aratus und Hipparch, ein Stern 1. Größe geworden sei?

[7] (S. 165.) „Ich glaube,“ sagt Argelander, „daß es sehr schwierig ist, in einem lichtstarken Fernrohr die Helligkeit so überaus verschiedener Sterne, als es die beiden Komponenten von α Herculis sind, richtig zu schätzen. Meine Erfahrung ist entscheidend gegen die Veränderlichkeit des Begleiters, da ich α Herculis, bei vielfachen Tagesbeobachtungen in den Fernröhren der Meridiankreise zu Abo, Helsingfors und Bonn, nie einfach gesehen

habe, was doch wohl der Fall gewesen sein würde, wenn der Begleiter im Minimum 7. Größe wäre. Ich halte diesen konstant für 5^m oder $5 . 6^m$."

[8] (S. 165.) Mädlers Tafel enthält mit sehr verschiedenen numerischen Elementen 18 Sterne; Sir John Herschel zählt mit den in den Noten berührten über 45 auf.

[9] (S. 167.) „Wenn ich," sagte Argelander, „das kleinste Licht des Algol 1800 Januar 1. um 18 Stunden 1 Minute mittlerer Pariser Zeit für die 0 Epoche annehme, so erhalte ich die Dauer der Periode für:

— 1987	.. 2 T. 20 St. 48 M. ..	$59{,}416^s$ ..	$\pm$ $0{,}316^s$
— 1406		58,737	$\pm$ 0,094
— 825		58,393	$\pm$ 0,175
+ 751		58,454	$\pm$ 0,039
+ 2328		58,193	$\pm$ 0,096
+ 3885		57,971	$\pm$ 0,045
+ 5441		55,182	$\pm$ 0,348

In dieser Tabelle haben die Zahlen folgende Bedeutung: Nennt man die Epoche des Minimums 1, Januar 1800 null, die nächst vorhergehende — 1, die nächstfolgende + 1 u. s. w., so war die Dauer zwischen dem — 1987 und — 1986 genau 2 Tage 20 Stunden 48 Minuten 59,416 Sekunden; die Dauer zwischen + 5441 und + 5442 aber Tage 20 Stunden 48 Minuten 55,182 Sekunden; jenes entspricht dem Jahre 1784, dieses dem Jahre 1842.

Die hinter den $\pm$ Zeichen stehenden Zahlen sind die wahrscheinlichen Fehler. Daß die Abnahme immer rascher wird, zeigen sowohl die letzte Zahl als alle meine Beobachtungen seit 1847."

[10] (S. 167.) Argelanders Formel zur Darstellung aller Beobachtungen der Maxima von Mira Ceti ist nach seiner Mitteilung diese:

$$„1751 \text{ September } 9{,}76 + 331{,}3363 \text{ T.} + 10{,}5 \text{ T.}$$

$$\text{Sin.}\left(\frac{360^0}{11}\text{E} + 85^0\,23'\right) + 18{,}2 \text{ T. Sin.}\left(\frac{45^0}{11}\text{E} + 231^0\,42'\right)$$

$$+ 33{,}9 \text{ T. Sin.}\left(\frac{45^0}{22}\text{E} + 170^0\,19'\right) + 65{,}3 \text{ T.}$$

$$\text{Sin.}\left(\frac{15^0}{11}\text{E} + 6^0\,37'\right),$$

wo E die Anzahl der seit 1751 September 9. eingetretenen Maxima bedeutet und die Koeffizienten in Tagen gegeben sind. Für das jetzt laufende Jahr folgt daraus das Maximum:

1751 Septbr. 9,76 + 36115,65 T. + 8,44 T. — 12,24 T. + 18,59 T. + 27,34 T. = 1850 Septbr. 8,54.

Was am meisten für diese Formel zu sprechen scheint, ist der Umstand, daß mit ihr auch die Beobachtung des Maximums von

1596 (Kosmos Bd. II, S. 253) dargestellt wird, die bei jeder Annahme einer gleichförmigen Periode um mehr als 100 Tage abweicht. Doch scheint das Gesetz der Lichtveränderung dieses Sternes so kompliziert zu sein, daß in einzelnen Fällen, z. B. für das sehr genau beobachtete Maximum des Jahres 1840, die Formel noch viele Tage (fast 25) abgewichen ist."

[11] (S. 168.) Zu den frühesten ernsten Bestrebungen, die mittlere Dauer der Veränderlichkeitsperiode von Mira Ceti zu ergründen, gehört die Arbeit von Jacques Cassini, Elémens d'Astronomie 1740, p. 66—69.

[12] (S. 177.) Newton unterscheidet nur zwei Arten dieser siderischen Erscheinungen: „Stellae fixae quae per vices apparent et evanescunt quaeque paulatim crescunt, videntur revolvendo partem lucidam et partem obscuram per vices ostendere." Diese Erklärung des Lichtwechsels hatte schon früher Riccioli vorgetragen. Ueber die Vorsicht, mit welcher Periodizität vorausgesetzt werden muß, s. die wichtigen Betrachtungen von Sir John Herschel in der Kapreise § 261.

[13] (S. 178.) Brief des Astronomen der Sternwarte zu Washington, Lieutenant Gilliß an Dr. Flügel, Konsul der Verein. Staaten von Nordamerika zu Leipzig (Handschrift). Die acht Monate lang dauernde, ungetrübte Reinheit und Durchsichtigkeit der Atmosphäre in Santiago de Chile ist so groß, daß Lieutenant Gilliß in dem ersten in Amerika konstruierten, großen Fernrohr von $6^1/_2$ Zoll Oeffnung (konstruiert von Henry Fitz in New York und William Young in Philadelphia) den 6. Stern im Trapezium des Orion deutlich erkannte.

[14] (S. 179.) Sir John Herschel, Kapreise p. 334, 350 Note 1, und 440. Argelander hegt dagegen vielen Zweifel über die Veränderlichkeit der Capella und der Bärensterne.

[15] (S. 180.) Heis in handschriftliche Notizen vom Mai 1850. (Die behauptete Veränderlichkeit von η, α und δ Ursae maj. ist auch bestätigt in Outlines p. 559.) Ueber die Reihenfolge der Sterne, welche vermöge ihrer Nähe nach und nach den Nordpol bezeichnen werden, bis, nach 12000 Jahren, Wega der Leier, der prachtvollste aller möglichen Polarsterne, die Stelle einnehmen wird, s. Mädler, Astronomie S. 432.

V.

Eigene Bewegung der Fixsterne. — Problematische Existenz dunkler Weltkörper. — Parallaxe. — Gemessene Entfernung einiger Fixsterne. — Zweifel über die Annahme eines Centralkörpers für den ganzen Fixsternhimmel.

Neben den Veränderungen der Lichtstärke zeigt der Fixsternhimmel als solcher und im Widerspruch mit seiner Benennung auch Veränderungen durch die perpetuierlich fortschreitende Bewegung der einzelnen Fixsterne. Es ist schon früher daran erinnert worden, wie, ohne daß dadurch im allgemeinen das Gleichgewicht der Sternsysteme gestört werde, sich kein fester Punkt am ganzen Himmel befindet, wie von den hellen Sternen, welche die ältesten unter den griechischen Astronomen beobachtet haben, keiner seinen Platz im Weltraume unverändert behauptet hat. Die Ortsveränderung ist in zweitausend Jahren bei Arctur, bei μ der Kassiopeia und bei einem Doppelstern im Schwan durch Anhäufung der jährlichen eigenen Bewegung auf $2\frac{1}{2}$, $3\frac{1}{2}$ und 6 Vollmondbreiten angewachsen. Nach dreitausend Jahren werden etwa 20 Fixsterne ihren Ort um 1° und mehr verändert haben. Da nun die gemessenen eigenen Bewegungen der Fixsterne von $\frac{1}{20}$ bis 7,7 Sekunden steigen (also im Verhältnis von wenigstens 1 : 54 verschieden sind), so bleiben auch der relative Abstand der Fixsterne untereinander und die Konfiguration der Konstellationen in langen Perioden nicht dieselben. Das südliche Kreuz wird in der Gestalt, welche jetzt dies Sternbild zeigt, nicht immer am Himmel glänzen, da die vier Sterne, welche es bilden, mit ungleicher Geschwindigkeit eines verschiedenen Weges wandeln. Wie viele Jahrtausende bis zur völligen Auflösung verfließen werden, ist nicht zu berechnen. In den Raumverhältnissen und in der Zeitdauer gibt es kein absolutes Großes und Kleines.

Will man unter einem allgemeinen Gesichtspunkt zusammenfassen, was an dem Himmel sich verändert und was im Lauf der Jahrhunderte den physiognomischen Charakter der Himmelsdecke, den Anblick des Firmaments an einem bestimmten Orte modifiziert, so muß man aufzählen als wirksame Ursachen solcher Veränderung: 1) das Vorrücken der Nachtgleichen und das Wanken der Erdachse, durch deren gemeinsame Wirkung neue Sterne am Horizont aufsteigen, andere unsichtbar werden; 2) die periodische und unperiodische Veränderung der Lichtstärke vieler Fixsterne; 3) das Auflodern neuer Sterne, von denen einige wenige am Himmel verblieben sind; 4) das Kreisen teleskopischer Doppelsterne um einen gemeinsamen Schwerpunkt. Zwischen diesen sich langsam und ungleich in Lichtstärke und Position verändernden sogenannten Fixsternen vollenden ihren schnelleren Lauf 20 Hauptplaneten, von denen fünf zusammen 20 Satelliten darbieten. Es bewegen sich also außer den ungezählten, gewiß auch rotierenden Fixsternen 40 bis jetzt (Oktober 1850) aufgefundene planetarische Körper. [1] Zur Zeit des Kopernikus und des großen Vervollkommners der Beobachtungskunst, Tycho, waren nur sieben bekannt. Fast 200 berechnete Kometen, deren fünf von kurzem Umlauf und innere, d. h. zwischen den Bahnen der Hauptplaneten eingeschlossene, sind, hätten hier ebenfalls noch als planetarische Körper aufgeführt werden können. Sie beleben während ihres meist kurzen Erscheinens, wenn sie dem bloßen Auge sichtbar werden, nächst den eigentlichen Planeten und den neuen als Sterne erster Größe plötzlich auflodernden Weltkörpern, am anziehendsten das an sich schon reiche Bild des gestirnten Himmels; ich hätte fast gesagt dessen landschaftlichen Eindruck.

Die Kenntnis der eigenen Bewegung der Fixsterne hängt geschichtlich ganz mit den Fortschritten zusammen, welche die Beobachtungskunst durch Vervollkommnung der Werkzeuge und der Methoden gemacht hat. Das Auffinden dieser Bewegung wurde erst möglich, als man das Fernrohr mit geteilten Instrumenten verband; als von der Sicherheit einer Bogenminute, die zuerst mit großer Anstrengung Tycho auf der Insel Hveen seinen Beobachtungen zu geben vermochte, man allmählich zur Sicherheit von einer Sekunde und von Teilen dieser Sekunde herabstieg, oder durch eine lange Reihe von Jahren getrennte Resultate miteinander vergleichen konnte. Eine solche Vergleichung stellte Halley mit den Positionen des Sirius, Arcturus

und Aldebaran an, wie sie Ptolemäus in seinen Hipparchischen Katalogus, also vor 1844 Jahren, eingetragen hatte. Er glaubte sich durch dieselbe berechtigt (1717), eine eigene Bewegung in den eben genannten drei Fixsternen zu verkündigen.[2] Die große und verdiente Achtung, welche selbst noch lange nach den Beobachtungen von Flamsteed und Bradley den im Triduum von Römer enthaltenen Rektaszensionen gespendet wurde, regte Tobias Mayer (1756), Maskelyne (1770) und Piazzi (1800) an, Römers Beobachtungen mit den späteren zu vergleichen. Die eigene Bewegung der Sterne wurde dergestalt schon seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts in ihrer Allgemeinheit anerkannt; aber die genaueren und numerischen Bestimmungen dieser Klasse von Erscheinungen verdankte man erst 1783 der großen Arbeit von William Herschel, auf Flamsteeds Beobachtungen gegründet, wie in noch weit höherem Grade Bessels und Argelanders glücklicher Vergleichung von Bradleys Sternpositionen für 1755 mit den neueren Katalogen.

Die Entdeckung der eigenen Bewegung der Fixsterne hat für die physische Astronomie eine um so höhere Wichtigkeit, als dieselbe zu der Kenntnis der Bewegung unseres eigenen Sonnensystems durch die sternerfüllten Welträume, ja zu der genauen Kenntnis der Richtung dieser Bewegung geleitet hat. Wir würden nie irgend etwas von dieser Thatsache erfahren haben, wenn die eigene fortschreitende Bewegung der Fixsterne so gering wäre, daß sie allen unseren Messungen entginge. Das eifrige Bestreben, diese Bewegung in Quantität und Richtung, die Parallaxe der Fixsterne und ihre Entfernung zu ergründen, hat am meisten dazu beigetragen, durch Vervollkommnung der mit den optischen Instrumenten verbundenen Bogenteilungen und der mikrometrischen Hilfsmittel die Beobachtungskunst auf den Punkt zu erheben, zu dem sie sich bei scharfsinniger Benutzung von großen Meridiankreisen, Refraktoren und Heliometern (vorzugsweise seit dem Jahre 1830) emporgeschwungen hat.

Die Quantität der gemessenen eigenen Bewegung wechselt, wie wir schon im Eingange dieses Abschnittes bemerkt, von dem 20. Teil einer Sekunde bis zu fast 8″. Die leuchtenden Sterne haben großenteils dabei schwächere Bewegung als Sterne 5. bis 6. und 7. Größe. Die sieben Sterne, welche eine ungewöhnlich große eigene Bewegung offenbart haben, sind: Arcturus 1^{m} (2,25″), α Centauri 1^{m} (3,58″),[3] μ Cassiopeae 6^{m} (3,74″), der Doppelstern δ des Eridanus 5.4^{m} (4,8″),

der Doppelstern 61 des Schwans 5 . 6 m (5,123″), von Bessel 1812 durch Vergleichung mit Bradleys Beobachtungen erkannt, ein Stern auf der Grenze der Jagdhunde und des großen Bären, Nr. 1830 des Katalogs der Cirkumpolarsterne von Groombridge, 7 m (nach Argelander 6,974″), ε Indi (7,74″) nach d'Arrest,[4] 2151 Puppis des Schiffes 6 m (7,871″). Das arithmetische Mittel der einzelnen Eigenbewegungen der Fixsterne aus allen Zonen, in welche Mädler die Himmelskugel geteilt hat, würde kaum 0,102″ übersteigen.

Eine wichtige Untersuchung über die „Veränderlichkeit der eigenen Bewegungen von Procyon und Sirius" hat Bessel, dem größten Astronomen unserer Zeit, im Jahre 1844, also kurz vor dem Beginnen seiner tödlichen schmerzhaften Krankheit, die Ueberzeugung aufgedrängt, „daß Sterne, deren veränderliche Bewegungen in den vervollkommnetsten Instrumenten bemerkbar werden, Teile von Systemen sind, welche, vergleichungsweise mit den großen Entfernungen der Sterne voneinander, auf kleine Räume beschränkt sind." Dieser Glaube an die Existenz von Doppelsternen, deren einer ohne Licht ist, war in Bessel, wie meine lange Korrespondenz mit ihm bezeugt, so fest, daß sie bei dem großen Interesse, welches ohnedies jede Erweiterung der Kenntnis von der physischen Beschaffenheit des Fixsternhimmels erregt, die allgemeinste Aufmerksamkeit auf sich zog. „Der anziehende Körper," sagt der berühmte Beobachter, „muß entweder dem Fixsterne, welcher die merkliche Veränderung zeigt, oder der Sonne sehr nahe sein. Da nun aber ein anziehender Körper von beträchtlicher Masse in sehr kleiner Entfernung von der Sonne sich in den Bewegungen unseres Planetensystems nicht verraten hat, so wird man auf seine sehr kleine Entfernung von einem Sterne, als auf die einzig statthafte Erklärung der im Laufe eines Jahrhunderts merklich werdenden Veränderung in der eigenen Bewegung des letzteren, zurückgewiesen." In einem Briefe an mich (Juli 1844) heißt es (ich hatte scherzend einige Besorgnis über die Gespensterwelt der dunklen Gestirne geäußert): „Allerdings beharre ich in dem Glauben, daß Procyon und Sirius wahre Doppelsterne sind, bestehend aus einem sichtbaren und einem unsichtbaren Sterne. Es ist kein Grund vorhanden, das Leuchten für eine wesentliche Eigenschaft der Körper zu halten. Daß zahllose Sterne sichtbar sind, beweist offenbar nichts gegen das Dasein ebenso zahlloser unsichtbarer. Die physische Schwierigkeit, die einer Veränderlichkeit in der

eigenen Bewegung, wird befriedigend durch die Hypothese dunkler Sterne beseitigt. Man kann die einfache Voraussetzung nicht tadeln, daß eine Veränderung der Geschwindigkeit nur infolge einer Kraft stattfindet und daß die Kräfte nach den Newtonschen Gesetzen wirken."

Ein Jahr nach Bessels Tode hat Fuß auf Struves Veranlassung die Untersuchung über die Anomalieen von Procyon und Sirius, teils durch neue Beobachtungen am Ertelschen Meridianfernrohr zu Pulkowa, teils durch Reduktionen und Vergleichung mit dem früher Beobachteten erneuert. Das Resultat ist nach der Meinung von Struve und Fuß gegen die Besselsche Behauptung ausgefallen. Eine große Arbeit, die Peters in Königsberg eben vollendet hat, rechtfertigt die Besselschen Behauptungen, wie eine ähnliche von Schubert, dem Kalkulator am nordamerikanischen Nautical Almanac.

Der Glaube an die Existenz nicht leuchtender Sterne war schon im griechischen Altertume und besonders in der frühesten christlichen Zeit verbreitet. Man nahm an, daß „zwischen den feurigen Sternen, die sich von den Dünsten nähren, sich noch einige andere erdartige Körper bewegen, welche uns unsichtbar bleiben." Das völlige Verlöschen der neuen Sterne, besonders der von Tycho und Kepler so sorgfältig beobachteten in der Kassiopeia und im Schlangenträger, schien dieser Meinung eine festere Stütze zu geben. Weil damals vermutet wurde, der erste dieser Sterne sei schon zweimal vorher und zwar in Abständen von ungefähr 300 Jahren aufgelodert, so konnte die Idee der Vernichtung und völligen Auflösung keinen Beifall finden. Der unsterbliche Verfasser der Mécanique céleste gründet seine Ueberzeugung von dem Dasein nicht leuchtender Massen im Weltall auf dieselben Erscheinungen von 1572 und 1604. „Ces astres devenus invisibles après avoir surpassé l'éclat de Jupiter même, n'ont point changé de place durant leur apparition. (Der Lichtprozeß hat bloß in ihnen aufgehört.) Il existe donc dans l'espace céleste des corps opaques aussi considérables et peut-être en aussi grands nombres que les étoiles."[5] Ebenso sagt Mädler in den Untersuchungen über die Fixsternsysteme: „Ein dunkler Körper könnte Centralkörper sein; er könnte wie unsere Sonne in unmittelbarer Nähe nur von dunklen Körpern, wie unsere Planeten sind, umgeben sein. Die von Bessel angedeuteten Bewegungen von Sirius und Procyon nötigen(?) sogar zu der Annahme, daß es Fälle gibt, wo leuchtende Körper

die Satelliten dunkler Massen bilden." Es ist schon früher erinnert worden, daß solche Massen von einigen Anhängern der Emanationstheorie für zugleich unsichtbar und doch lichtstrahlend gehalten werden; unsichtbar, wenn sie von so ungeheuren Dimensionen sind, daß die ausgesandten Lichtstrahlen (Lichtmolekülen), durch Anziehungskräfte zurückgehalten, eine gewisse Grenze nicht überschreiten können. Gibt es, wie es wohl annehmbar ist, dunkle, unsichtbare Körper in den Welträumen, solche, in welchen der Prozeß lichterzeugender Schwingungen nicht stattfindet, so müssen diese dunklen Körper nicht in den Umfang unseres Planeten- und Kometensystemes fallen oder doch nur von sehr geringer Masse sein, weil ihr Dasein sich uns nicht durch bemerkbare Störungen offenbart.

Die Untersuchung der Bewegung der Fixsterne in Quantität und Richtung (der wahren ihnen eigenen Bewegung wie der bloß scheinbaren durch Veränderung des Ortes der Beobachtung in der durchlaufenen Erdbahn hervorgebrachten), die Bestimmung der Entfernung der Fixsterne von der Sonne durch Ergründung ihrer Parallaxen, die Vermutungen über den Ort im Weltraum, nach dem hin unser Planetensystem sich bewegt, sind drei Aufgaben der Astronomie, welche durch die Hilfsmittel der Beobachtung, deren man sich zu ihrer teilweisen Lösung glücklich bedient hat, in naher Verbindung miteinander stehen. Jede Vervollkommnung der Instrumente und der Methoden, die man zur Förderung einer dieser schwierigen und verwickelten Arbeiten angewandt hat, ist für die andere ersprießlich geworden. Ich ziehe vor, mit den Parallaxen und der Bestimmung des Abstandes einiger Fixsterne zu beginnen, um das zu vervollständigen, was sich vorzugsweise auf unsere jetzige Kenntnis der isoliert stehenden Fixsterne bezieht.

Schon Galilei hat im Anfang des 17. Jahrhunderts die Idee angeregt, den „gewiß überaus ungleichen Abstand der Fixsterne von dem Sonnensysteme zu messen", ja schon zuerst mit großem Scharfsinn das Mittel angegeben, die Parallaxe aufzufinden, nicht durch die Bestimmung der Entfernung eines Sternes vom Scheitelpunkte oder dem Pole, sondern „durch sorgfältige Vergleichung eines Sternes mit einem anderen, sehr nahestehenden". Es ist in sehr allgemeinen Ausdrücken die Angabe des mikrometrischen Mittels, dessen sich später William Herschel (1781), Struve und Bessel bedient haben. „Perchè io non credo," sagt Galilei[6] in dem dritten Gespräche

(Giornata terza), „che tutte le stelle siano sparse in una sferica superficie *egualmente distanti da un centro;* ma stimo, che le loro lontananze da noi siano talmente varie, che alcune ve ne possano esser 2 e 3 volte più remote di alcune altre; talchè quando si trovasse col Telescopio *qualche picciolissima stella vicinissima ad alcuna delle maggiori*, e che però quella fusse altissima, *potrebbe accadere, che qualche sensibil mutazione succedesse tra di loro.*“ Mit dem kopernikanischen Weltsysteme war dazu noch gleichsam die Forderung gegeben, durch Messungen numerisch den Wechsel der Richtung nachzuweisen, welchen die halbjährige Ortsveränderung der Erde in ihrer Bahn um die Sonne in der Lage der Fixsterne hervorbringen müsse. Da die von Kepler so glücklich benutzten Tychonischen Winkelbestimmungen, wenn sie gleich bereits (wie schon einmal bemerkt) die Sicherheit von einer Bogenminute erreichten, noch keine parallaktische Veränderung in der scheinbaren Position der Fixsterne zu erkennen gaben, so diente den Kopernikanern lange als Rechtfertigung der beruhigende Glaube, daß der Durchmesser der Erdbahn (41 ⅓ Millionen geogr. Meilen = 308 Millionen km) zu gering sei im Verhältnis der übergroßen Entfernung der Fixsterne.

Die Hoffnung der Bemerkbarkeit einer Parallaxe mußte demnach als abhängig erkannt werden von der Vervollkommnung der Seh- und Meßinstrumente und von der Möglichkeit, sehr kleine Winkel mit Sicherheit zu bestimmen. Solange man nur einer Minute gewiß war, bezeugte die nicht bemerkte Parallaxe nur, daß die Fixsterne über 3438 Erdweiten (Halbmesser der Erdbahn, Abstand der Erde von der Sonne) entfernt sein müssen. Diese untere Grenze der Entfernung stieg bei der Sicherheit einer Sekunde in den Beobachtungen des großen Astronomen James Bradley bis 206265; sie stieg in der glänzenden Epoche Fraunhoferscher Instrumente (bei unmittelbarer Messung von ungefähr dem zehnten Teil einer Bogensekunde) bis 2062648 Erdweiten. Die Bestrebungen und so scharfsinnig ausgedachten Zenithalvorrichtungen von Newtons großem Zeitgenossen Robert Hooke (1669) führten nicht zum bezweckten Ziele. Picard, Horrebow, welcher Römers gerettete Beobachtungen bearbeitete, und Flamsteed glaubten Parallaxen von mehreren Sekunden gefunden zu haben, weil sie die eigenen Bewegungen der Sterne mit den wahren parallaktischen Veränderungen verwechselten.

Dagegen war der scharfsinnige John Michell (Philos. Trans-act. 1767, Vol. LVII, p. 234—264) der Meinung, daß die Parallaxen der nächsten Fixsterne geringer als 0,02″ sein müßten und dabei nur „durch 12000malige Vergrößerung erkennbar" werden könnten. Bei der sehr verbreiteten Meinung, daß der vorzügliche Glanz eines Sternes immer eine geringere Entfernung andeuten müsse, wurden Sterne 1. Größe: Wega, Aldebaran, Sirius und Procyon, der Gegenstand nicht glücklicher Beobachtungen von Calandrelli und dem verdienstvollen Piazzi (1805). Sie sind denen beizuzählen, welche (1815) Brinkley in Dublin veröffentlichte und die 10 Jahre später von Pond und besonders von Airy widerlegt wurden. Eine sichere, befriedigende Kenntnis von Parallaxen beginnt erst, auf mikrometrische Abstandsmessungen gegründet, zwischen den Jahren 1832 und 1838.

Obgleich Peters in seiner wichtigen Arbeit über die Entfernung der Fixsterne (1846) die Zahl der schon aufgefundenen Parallaxen zu 33 angibt, so beschränken wir uns hier auf die Angabe von 9, die ein größeres, doch aber sehr ungleiches Vertrauen verdienen und die wir nach dem ungefähren Alter ihrer Bestimmungen aufführen:

Fixsterne	Parallaxen	wahrscheinliche Fehler	Namen der Beobachter
α Centauri	0,913″	0,070″	Henderson und Maclear
61 Cygni	0,3744″	0,020″	Bessel
Sirius	0,230″		Henderson
1830 Groombridge	0,226″	0,141″	Peters
ι Ursae maj.	0,133″	0,106″	Peters
Arcturus	0,127″	0,073″	Peters
α Lyrae	0,207″	0,038″	Peters
Polaris	0,106″	0,012″	Peters
Capella	0,046″	0,200″	Peters

Den ersten Platz verdient der durch Bessel so berühmt gewordene 61. Stern im Sternbilde des Schwans. Der

Königsberger Astronom hat schon 1812 die große eigene Bewegung, aber erst 1838 die Parallaxe dieses Doppelsternes (unter 6. Größe) durch Anwendung des Heliometers bestimmt. Meine Freunde Arago und Mathieu machten vom August 1812 bis November 1813 eine Reihe zahlreicher Beobachtungen, indem sie zur Auffindung der Parallaxe die Entfernung des Sterns 61 Cygni vom Scheitelpunkt maßen. Sie gelangten durch ihre Arbeit zu der sehr richtigen Vermutung, daß die Parallaxe jenes Fixsternes geringer als eine halbe Sekunde sei.[7] Noch in den Jahren 1815 und 1816 war Bessel, wie er sich selbst ausdrückt, „zu keinem annehmbaren Resultate“ gekommen.[8] Erst die Beobachtungen von August 1837 bis Oktober 1838 führten ihn durch Benutzung des 1829 aufgestellten großen Heliometers zu der Parallaxe von 0,3483″, der ein Abstand von 592 200 Erdweiten und ein Lichtweg von 9¼ Jahren entsprechen. Peters bestätigte (1842) diese Angabe, indem er 0,3490″ fand, aber später das Besselsche Resultat durch Wärmekorrektion in 0,3744″ umwandelte.[9]

Die Parallaxe des schönsten Doppelsternes am südlichen Himmel, α Centauri, ist durch Beobachtungen am Vorgebirge der guten Hoffnung von Henderson 1832, von Maclear 1839 zu 0,9128″ bestimmt worden.[10] Es ist demnach der nächste aller bisher gemessenen Fixsterne 3mal näher als 61 Cygni.

Die Parallaxe von α Lyrae ist lange der Gegenstand der Beobachtungen von Struve gewesen. Die früheren Beobachtungen (1836) gaben[11] zwischen 0,07″ und 0,18″, spätere 0,2613″ und einen Abstand von 771 400 Erdweiten mit einem Lichtweg von 12 Jahren; aber Peters hat den Abstand dieses hellleuchtenden Sternes noch viel größer gefunden, da er die Parallaxe nur zu 0,103″ angibt. Dieses Resultat kontrastiert mit einem anderen Stern 1^m (α Centauri) und einem 6^m (61 Cygni).

Die Parallaxe des Polarsternes ist von Peters nach vielen Vergleichungen in den Jahren 1818 bis 1838 zu 0,106″ bestimmt worden, und um so befriedigender, als sich aus denselben Vergleichungen die Aberration 20,455″ ergibt.

Die Parallaxe von Arcturus ist nach Peters 0,127″ (Rümkers frühere Beobachtungen am Hamburger Meridiankreise hatten sie um vieles größer gegeben). Die Parallaxe eines anderen Sternes 1. Größe, Capella, ist noch geringer, nach Peters 0,046″.

Der Stern 1830 des Katalogus von Groombridge, welcher

nach Argelander unter allen bisher am Firmament beobachteten Sternen die größte eigene Bewegung zeigte, hat eine Parallaxe von 0,226″, nach 48 von Peters in den Jahren 1842 und 1843 sehr genau beobachteten Zenithaldistanzen. Faye hatte sie 5mal größer (1,08″) geglaubt, größer als die Parallaxe von α Centauri.

Die bisher erlangten Resultate ergeben gar nicht im allgemeinen, daß die hellsten Sterne zugleich die uns näheren sind. Wenn auch die Parallaxe von α Centauri die größte aller bis jetzt bekannten ist, so haben dagegen Wega der Leier, Arcturus, und besonders Capella, eine 3 bis 8mal kleinere Parallaxe als ein Stein 6. Größe im Schwan. Auch die zwei Sterne, welche nach 2151 Puppis und ε Indi die schnellste eigene Bewegung zeigen, der ebengenannte Stern des Schwans (Bewegung von 5,123″ im Jahre), und Nr. 1830 von Groombridge, den man in Frankreich „Argelanders Stern“ nennt (Bewegung 6,974″), sind der Sonne 3 und 4mal so fern als α Centauri mit der eigenen Bewegung von 3,58″. Volum, Masse, Intensität des Lichtprozesses, eigene Bewegung [12] und Abstand von unserem Sonnensystem stehen gewiß in mannigfaltig verwickeltem Verhältnisse zu einander. Wenn es daher auch im allgemeinen wahrscheinlich sein mag, daß die hellsten Sterne die näheren sind, so kann es doch im einzelnen sehr entfernte kleine Sterne geben, deren Photosphäre und Oberfläche nach der Natur ihrer physischen Beschaffenheit einen sehr intensiven Lichtprozeß unterhalten. Sterne, die wir ihres Glanzes wegen zur ersten Ordnung rechnen, können uns daher entfernter liegen als Sterne 4. bis 6. Größe. Steigen wir von der Betrachtung der großen Sternenschicht, von welcher unser Sonnensystem ein Teil ist, zu dem untergeordneten Partikularsysteme unserer Planetenwelt oder zu dem noch tieferen der Saturns- und Jupitersmonde stufenweise herab, so sehen wir auch die Centralkörper von Massen umgeben, in denen die Reihenfolge der Größe und der Intensität des reflektierten Lichtes von den Abständen gar nicht abzuhängen scheint. Die unmittelbare Verbindung, in welcher unsere noch so schwache Kenntnis der Parallaxen mit der Kenntnis der ganzen Gestaltung des Weltbaues steht, gibt den Betrachtungen, welche sich auf die Entfernung der Fixsterne beziehen, einen eigenen Reiz.

Der menschliche Scharfsinn hat zu dieser Klasse von Untersuchungen Hilfsmittel erdacht, welche von den gewöhn-

lichen ganz verschieden sind und, auf die Geschwindigkeit des Lichtes gegründet, hier eine kurze Erwähnung verdienen. Der den physikalischen Wissenschaften so früh entrissene Savary hat gezeigt, wie die Aberration des Lichtes bei Doppelsternen zur Bestimmung der Parallaxe benutzt werden könne. Wenn nämlich die Ebene der Bahn, welche der Nebelstern um den Centralkörper beschreibt, nicht auf der Gesichtslinie von der Erde zu dem Doppelstern senkrecht steht, sondern nahe in diese Gesichtslinie selbst fällt, so wird der Nebenstern in seinem Laufe ebenfalls nahe eine gerade Linie zu beschreiben scheinen und die Punkte der der Erde zugekehrten Hälfte seiner Bahn werden alle dem Beobachter näher liegen als die entsprechenden Punkte der zweiten, von der Erde abgewandten Hälfte. Eine solche Teilung in zwei Hälften bringt nur für den Beobachter (nicht in Wirklichkeit) eine ungleiche Geschwindigkeit hervor, in welcher der Nebenstern in seiner Bahn sich von ihm entfernt oder sich ihm nähert. Ist nun der Halbmesser jener Bahn so groß, daß das Licht mehrere Tage oder Wochen gebraucht, um ihn zu durchlaufen [s. Zus. am Schluß des Bandes], so wird die Zeit der halben Revolution in der abgewandten entfernteren Seite größer ausfallen als die Zeit in der dem Beobachter zugekehrten Seite. Die Summe beider ungleichen Zahlen der Dauer bleibt der wahren Umlaufszeit gleich; denn die von der Geschwindigkeit des Lichtes verursachten Ungleichheiten heben sich gegenseitig auf. Aus diesen Verhältnissen der Dauer nun lassen sich, nach Savarys sinnreicher Methode, wenn Tage und Teile der Tage in ein Längenmaß verwandelt werden (3589 Mill. geogr. Meilen = 26 632 Mill. km durchläuft das Licht in 24 Stunden), die absolute Größe des Halbmessers der Bahn, und durch die einfache Bestimmung des Winkels, unter welchem der Halbmesser sich dem Beobachter darbietet, die Entfernung des Centralkörpers und seine Parallaxe ableiten.

Wie die Bestimmung der Parallaxe uns über die Abstände einer geringen Zahl von Fixsternen und über die ihnen anzuweisende Stelle im Weltraume belehrt, so leitet die Kenntnis des Maßes und der Richtung eigener Bewegung, d. h. der Veränderungen, welche die relative Lage selbstleuchtender Gestirne erfährt, auf zwei voneinander abhängige Probleme, die der Bewegung des Sonnensystemes und der Lage des Schwerpunktes des ganzen Fixsternhimmels. Was sich

bisher nur sehr unvollständig auf Zahlenverhältnisse zurückführen läßt, ist schon deshalb nicht geeignet, den ursachlichen Zusammenhang mit Klarheit zu offenbaren. Von den beiden ebengenannten Problemen hat nur das erste, besonders nach Argelanders trefflichen Untersuchungen, mit einem gewissen Grade befriedigender Bestimmtheit gelöst werden können; das zweite, mit vielem Scharfsinn von Mädler behandelt, entbehrt, bei dem Spiel so vieler sich ausgleichender Kräfte, nach dem eigenen Geständnis dieses Astronomen in der unternommenen Lösung „aller Evidenz eines vollständigen, wissenschaftlich genügenden Beweises“.

Wenn sorgfältig abgezogen wird, was dem Vorrücken der Nachtgleichen, der Nutation der Erdachse, der Abirrung des Lichtes und einer durch den Umlauf um die Sonne erzeugten parallaktischen Veränderung angehört, so ist in der übrig bleibenden jährlichen Bewegung der Fixsterne immer zugleich das enthalten, was die Folge der Translation des ganzen Sonnensystemes im Weltraume und die Folge der wirklichen Eigenbewegung der Fixsterne ist. In der herrlichen Arbeit Bradleys über die Nutation, in seiner großen Abhandlung vom Jahre 1748, findet sich die erste Ahnung der Translation des Sonnensystemes und gewissermaßen auch die Angabe der vorzüglichsten Beobachtungsmethode. „Wenn man erkennt,“ heißt es dort,[13] „daß unser Planetensystem seinen Ort verändert im absoluten Raume, so kann daraus in der Zeitfolge eine scheinbare Variation in der Angulardistanz der Fixsterne sich ergeben. Da nun in diesem Falle die Position der uns näheren Gestirne mehr als die der entfernteren beteiligt ist, so werden die relativen Stellungen beider Klassen von Gestirnen zu einander verändert scheinen, obgleich eigentlich alle unbewegt geblieben sind. Wenn dagegen unser Sonnensystem in Ruhe ist und einige Sterne sich wirklich bewegen, so werden sich auch ihre scheinbaren Positionen verändern, und zwar um so mehr, als die Bewegungen schneller sind, als die Sterne in einer günstigen Lage und in kleinerer Entfernung von der Erde sich befinden. Die Veränderung der relativen Position kann von einer so großen Zahl von Ursachen abhängen, daß vielleicht viele Jahrhunderte hingehen werden, ehe man das Gesetzliche erkennen wird.“

Nachdem seit Bradlay bald die bloße Möglichkeit, bald die größere oder geringere Wahrscheinlichkeit der Bewegung

des Sonnensystemes in den Schriften von Tobias Mayer, Lambert und Lalande erörtert worden war, hatte William Herschel das Verdienst, zuerst die Meinung durch wirkliche Beobachtung (1783, 1805 und 1806) zu befestigen. Er fand, was durch viele spätere und genauere Arbeiten bestätigt und näher begrenzt worden ist, daß unser Sonnensystem sich nach einem Punkte hinbewegt, welcher nahe dem Sternbilde des Herkules liegt, in RA. 260° 44′ und nördlicher Dekl. 26° 16′ (auf 1800 reduziert). Argelander fand (aus Vergleichung von 319 Sternen und mit Beachtung von Lundahls Untersuchungen) für 1800, RA. 257° 54,1′, Dekl. + 28° 49,2′, für 1850 RA. 258° 23,5′, Dekl. + 28° 45,6; Otto Struve (aus 392 Sternen) für 1800 RA. 261° 26,9′, Dekl. + 37° 35,5′ für 1850 RA. 261° 52,6′, Dekl. 37° 33,0′. Nach Gauß [14] fällt die gesuchte Stelle in ein Viereck, dessen Endpunkte sind: RA. 258° 40′, Dekl. 30° 40′, 258° 42′ + 30° 57′, 259° 13′ + 31° 9′, 260° 4′ + 30° 33′. Es blieb noch übrig zu versuchen, welches Resultat man erhalten würde, wenn man allein solche Sterne der südlichen Hemisphäre anwendete, die in Europa nie über den Horizont kommen. Dieser Untersuchung hat Galloway einen besonderen Fleiß gewidmet. Er hat sehr neue Bestimmungen (1830) von Johnson auf St. Helena und von Henderson am Vorgebirge der guten Hoffnung mit alten Bestimmungen von Lacaille und Bradlay (1750 und 1757) verglichen. Das Resultat ist gewesen (für 1790) RA. 260° 0′, Dekl. 34° 23′, also für 1800 und 1850 260° 5′ + 34° 22′ und 260° 33′ + 34° 20′. Diese Uebereinstimmung mit den Resultaten aus den nördlichen Sternen ist überaus befriedigend.

Ist demnach die Richtung der fortschreitenden Bewegung unseres Sonnensystemes innerhalb mäßiger Grenzen bestimmt worden, so entsteht sehr natürlich die Frage, ob die Fixsternwelt, gruppenweise verteilt, nur aus nebeneinander bestehenden Partialsystemen zusammengesetzt sei, oder ob eine allgemeine Beziehung, ein Kreisen aller selbstleuchtenden Himmelskörper (Sonnen) um einen, entweder mit Masse ausgefüllten oder leeren, unausgefüllten Schwerpunkt gedacht werden müsse. Wir treten hier in das Gebiet bloßer Vermutungen, solcher, denen man zwar eine wissenschaftliche Form geben kann, die aber keineswegs, bei der Unvollständigkeit des vorliegenden Materials von Beobachtungen und Analogieen, zu der Evidenz führen können, deren sich andere

Teile der Astronomie erfreuen. Einer gründlichen mathematischen Behandlung solcher schwer lösbaren Probleme steht besonders entgegen unsere Unkenntnis der Eigenbewegung einer grenzenlosen Menge sehr kleiner Sterne (10^{m} bis 14^{m}), welche vornehmlich in dem so wichtigen Teile der Sternschicht, der wir angehören, in den Ringen der Milchstraße, zwischen hellleuchtenden zerstreut erscheinen. Die Betrachtung unserer Planetenkreise, in welchen man von den kleinen Partialsystemen der Monde des Jupiter, des Saturn und des Uranus zu dem höheren, dem allgemeinen Sonnensysteme, aufsteigt, hat leicht zu dem Glauben verleitet, daß man sich die Fixsterne auf eine analoge Weise in viele einzelne Gruppen geteilt und durch weite Zwischenräume geschieden, wiederum (in höherer Beziehung solcher Gruppen gegeneinander) der überwiegenden Anziehungskraft eines großen Centralkörpers (einer einigen Weltsonne) unterworfen denken könne. Die hier berührte, auf die Analogie unseres Sonnensystemes gestützte Schlußfolge ist aber durch die bisher beobachteten Thatsachen widerlegt. In den vielfachen Sternen kreisen zwei oder mehrere selbstleuchtende Gestirne (Sonnen) nicht umeinander, sondern um einen weit außer ihnen liegenden Schwerpunkt. Allerdings findet in unserem Planetensysteme insofern etwas Aehnliches statt, als die Planeten sich auch nicht eigentlich um den Mittelpunkt des Sonnenkörpers selbst, sondern um den gemeinschaftlichen Schwerpunkt aller Massen des Systemes bewegen. Dieser gemeinsame Schwerpunkt aber fällt, nach der relativen Stellung der großen Planeten Jupiter und Saturn, bald in den körperlichen Umfang der Sonne, bald (und dieser Fall tritt häufig ein) außerhalb dieses Umfanges. Der Schwerpunkt, welcher in den Doppelsternen leer ist, ist demnach im Sonnensysteme bald leer, bald mit Materie erfüllt. Was man über die Möglichkeit der Annahme eines dunkeln Centralkörpers im Schwerpunkt der Doppelsterne oder ursprünglich dunkler, aber schwach durch fremdes Licht erleuchteter, um sie kreisender Planeten ausgesprochen, gehört in das vielfach erweiterte Reich der mythischen Hypothesen.

Ernster und einer gründlichen Untersuchung würdiger ist die Betrachtung, daß, unter der Voraussetzung einer Kreisbewegung sowohl für unser ganzes, seinen Ort veränderndes Sonnensystem als für alle Eigenbewegungen der so verschieden entfernten Fixsterne, das Centrum der Kreisbewegungen

90° von dem Punkte entfernt liegen müsse, nach welchem unser Sonnensystem sich hinbewegt. In dieser Ideenverbindung wird die Lage der mit starker oder sehr schwacher Eigenbewegung begabten Sterne von großem Moment. Argelander hat mit Vorsicht und dem ihm eigenen Scharfsinn den Grad der Wahrscheinlichkeit geprüft, mit der man in unserer Sternschicht ein allgemeines Centrum der Attraktion in der Konstellation des Perseus[15] suchen könne. Mädler, die Annahme der Existenz eines zugleich an Masse überwiegenden und den allgemeinen Schwerpunkt ausfüllenden Centralkörpers verwerfend, sucht den Schwerpunkt allein in der Plejadengruppe, und zwar in der Mitte dieser Gruppe, in oder nahe[16] dem hellen Stern η Tauri (Alcyone). Es ist hier nicht der Ort, die Wahrscheinlichkeit oder nicht hinlängliche Begründung[17] einer solchen Hypothese zu erörtern. Dem so ausgezeichnet thätigen Direktor der Sternwarte zu Dorpat bleibt das Verdienst, bei seiner mühevollen Arbeit die Position und Eigenbewegung von mehr als 800 Fixsternen geprüft und zugleich Untersuchungen angeregt zu haben, welche, wenn sie auch nicht sicher zur Lösung des großen Problems selbst führen, doch geeignet sind, Licht über verwandte Gegenstände der physischen Astronomie zu verbreiten.

Anmerkungen.

[1] (S. 188.) Gegenwärtig unterscheidet man nebst dem Centralkörper der Sonne acht Hauptplaneten, von denen sechs zusammen 20 Satelliten darbieten. Die Zahl der Planetoiden oder Asteroiden betrug bis Oktober 1882 im ganzen 231 und ist seither durch neue Entdeckungen beständig vermehrt worden. — [D. Herausg.]

[2] (S. 189.) Die Betrachtung bezog sich aber bloß auf die Variationen in der Breite; Jacques Cassini fügte zuerst Variationen in der Länge hinzu.

[3] (S. 189.) Die Eigenbewegung des Arcturus, 2,25″, kann, als die eines sehr hellen Sternes, im Vergleich mit Aldebaran, 0,185″, und α Lyrae, 0,400″, groß genannt werden. Unter den Sternen 1. Größe macht α Centauri mit der sehr starken Eigenbewegung 3,58″ eine sehr merkwürdige Ausnahme. Die eigene Bewegung des Doppelsternsystems des Schwanes beträgt nach Bessel 5,123″.

[4] (S. 190.) D'Arrest gründet das Resultat auf Vergleichungen von Lacaille (1750) mit Brisbane (1825) und von Brisbane mit Taylor (1835). Der Stern 2151 Puppis des Schiffes hat Eigenbewegung 7,871″ und ist 6^m.

[5] (S. 191.) Lambert zeigt in den kosmologischen Briefen eine auffallende Neigung zur Annahme großer dunkler Weltkörper.

[6] (S. 192.) Opere di Galileo Galilei Vol. XII, Milano 1811, p. 206. Diese denkwürdige Stelle, welche die Möglichkeit und das Projekt einer Messung ausdrückt, ist von Arago aufgefunden worden.

[7] (S. 195.) Arago in der Connaissance des tems pour 1834, p. 281: „Nous observâmes avec beaucoup de soin, Mr. Mathieu et moi, pendant le mois d'août 1812 et pendant le mois de Novembre suivant, la hauteur angulaire, de l'étoile au-dessus de l'horizon de Paris. Cette hauteur, à la seconde époque, ne surpasse la hauteur angulaire à la première que de 0,66″. Une parallaxe absolue d'une seule seconde aurait nécessairement amené entre ces deux hauteurs une différence de 1,2″. Nos observations n'indiquent donc pas que le rayon de l'orbite terrestre, que 39 millions de lieues soient vus de

la 61ᵉ du Cygne sous un angle de plus d'*une demi-seconde*. Mais une base vue perpendiculairement soutend un angle d'une demi-seconde quand on en est éloigné de 412 mille fois sa longueur. Donc la 61ᵉ du Cygne est *au moins* à une distance de la Terre égale à 412 mille fois 39 millions de lieues.“

[8] (S. 195.) Bessel veröffentlichte 1839 das Resultat 0,3136″ als eine erste Annäherung. Sein schließliches späteres Resultat war 0,3483″. Peters fand durch eigene Beobachtung fast identisch 0,3490″. Die Aenderung, welche nach Bessels Tode Prof. Peters mit der Besselschen Berechnung der durch das Königsberger Heliometer erhaltenen Winkelmessungen gemacht hat, beruht darauf, daß Bessel versprach, den Einfluß der Temperatur auf die Resultate des Heliometers einer nochmaligen Untersuchung zu unterwerfen. Das hat er allerdings auch teilweise in dem ersten Bande seiner Astronomischen Untersuchungen gethan, er hat aber die Temperaturkorrektion nicht auf Parallaxenbeobachtungen angewandt. Diese Anwendung ist von Peters geschehen, und dieser ausgezeichnete Astronom findet durch die Temperaturkorrektionen 0,3744″ statt 0,3483″.

[9] (S. 195.) Diese 0,3744″ geben nach Argelander: Abstand des Doppelsterns 61 Cygni von der Sonne 550 900 mittlere Abstände der Erde von der Sonne oder 11 394 000 Millionen Meilen, eine Distanz, die das Licht in 3177 mittleren Tagen durchläuft. Durch die drei aufeinander folgenden Angaben der Besselschen Parallaxen, 0,3136″, 0,3483″ und 0,3744″, ist uns (scheinbar) der berühmte Doppelstern allmählich näher gekommen, in Lichtwegen von 10, 9¼ und 8⁷⁄₁₀ Jahren.

[10] (S. 195.) Mädler gibt für α Cent. statt 0,9128″ die Parallaxe 0,9213″.

[11] (S. 195.) Airy hält die Parallaxe von α Lyrae, welche Peters schon bis 0,1″ vermindert hat, für noch kleiner, d. h. für zu gering, um für unsere jetzigen Instrumente meßbar zu sein.

[12] (S. 196.) Vergl. über das Verhältnis der Größe eigener Bewegung zur Nähe der hellleuchtendsten Sterne. Struve, Stellarum composit. Mensurae micrometricae p. CLXIV.

[13] (S. 198.) Arago hat zuerst auf diese merkwürdige Stelle Bradleys aufmerksam gemacht.

[14] (S. 199.) Nach einem Briefe an mich.

[15] (S. 201.) Nicht durch numerische Untersuchungen geleitet, sondern nach phantasiereichen Ahnungen hatten früh schon Kant den Sirius, Lambert den Nebelfleck im Gürtel des Orion für den Centralkörper unserer Sternenschicht erklärt.

[16] (S. 201.) (Alcyone liegt RA. 54° 30′, Dekl. 23° 36′ für das Jahr 1840.) Wäre die Parallaxe der Alcyone wirklich 0,0065″, so würde ihre Entfernung 31½ Millionen Halbmesser der Erdbahn betragen, sie also 50mal entfernter von uns sein, als nach Bessels ältester Bestimmung der Abstand des Doppelsternes 61 Cygni ist.

Das Licht, welches in 8′ 18,2″ von der Sonne zur Erde kommt, würde dann 500 Jahre von der Alcyone zur Erde brauchen. Die Phantasie der Griechen gefiel sich in wilden Schätzungen von Fallhöhen. In des Hesiodus Theogonia v. 722—725 heißt es vom Sturz der Titanen in den Tartarus: „Wenn neun Tage und Nächte dereinst ein eherner Amboß fiele vom Himmel herab, am zehenten käm' er zur Erde . . . . .″ Der Fallhöhe in 777 600 Zeitsekunden entsprechen für den Amboß 77 356 geogr. Meilen (mit Rücksicht auf die, in planetarischen Entfernungen starke Abnahme der Anziehungskraft der Erde nach Galles Berechnung), also das $1\frac{1}{2}$fache der Entfernung des Mondes von der Erde. Aber nach Ilias I, 592 fiel Hephästos schon in einem Tage auf Lemnos herab, und „atmete nur noch ein wenig″. Die Länge der vom Olymp zur Erde herabhängenden Kette, an der alle Götter versuchen sollen, den Zeus herabzuziehen, bleibt unbestimmt; es ist nicht ein Bild der Himmelshöhe, sondern der Stärke und Allmacht Jupiters.

[17] (S. 201.) Vergl. die Zweifel von Peters und Sir John Herschel: „In the present defective state of our knowledge respecting the proper motion of the smaller stars, we cannot but regard all attempts of the kind as to a certain extent premature, though by no means to be discouraged as forerunners of something more decisive.“

VI.

Die vielfachen oder Doppelsterne. — Ihre Zahl und ihr gegenseitiger Abstand. — Umlaufszeit von zwei Sonnen um einen gemeinschaftlichen Schwerpunkt.

Wenn man in den Betrachtungen über die Fixsternsysteme von den geahneten allgemeineren, höheren, zu den speziellen, niederen, herabsteigt, so gewinnt man einen festeren, zur unmittelbaren Beobachtung mehr geeigneten Boden. In den vielfachen Sternen, zu denen die binären oder Doppelsterne gehören, sind mehrere selbstleuchtende Weltkörper (Sonnen) durch gegenseitige Anziehung miteinander verbunden, und diese Anziehung ruft notwendig Bewegungen in geschlossenen krummen Linien hervor. Ehe man durch wirkliche Beobachtung den Umlauf der Doppelsterne erkannte, waren solche Bewegungen in geschlossenen Kurven nur in unserem planetenreichen Sonnensystem bekannt. Auf diese scheinbare Analogie wurden voreilig Schlüsse gegründet, die lange auf Irrwege leiten mußten. Da man mit dem Namen Doppelstern jedes Sternpaar bezeichnete, in welchem eine sehr große Nähe dem unbewaffneten Auge die Trennung der beiden Sterne nicht gestattet (wie in Castor, α Lyrae, β Orionis, α Centauri), so mußte diese Benennung sehr natürlich zwei Klassen von Sternpaaren begreifen, solche, die durch ihre zufällige Stellung in Beziehung auf den Standpunkt des Beobachters einander genähert scheinen, aber ganz verschiedenen Abständen und Sternschichten zugehören, und solche, welche, einander näher gerückt, in gegenseitiger Abhängigkeit oder Attraktion und Wechselwirkung zu einander stehen und demnach ein eigenes, partielles Sternsystem bilden. Die ersteren nennt man nach nun schon langer Gewohnheit optische, die zweite Klasse physische Doppelsterne. Bei

sehr großer Entfernung und bei Langsamkeit der elliptischen Bewegung können mehrere der letzteren mit den ersteren verwechselt werden. Alkor, mit dem die arabischen Astronomen sich viel beschäftigt haben, weil der kleine Stern bei sehr reiner Luft und scharfen Gesichtsorganen dem bloßen Auge sichtbar wird, bildet (um hier an einen sehr bekannten Gegenstand zu erinnern) mit ζ im Schwanz des großen Bären im weitesten Sinne des Wortes eine solche optische Verbindung ohne nähere physische Abhängigkeit. Von Schwierigkeit des Trennens, welche dem unbewaffneten Auge darbieten die sehr ungleiche Lichtintensität nahe gelegener Sterne, der Einfluß der Ueberstrahlung und der Sternschwänze, wie die organischen Fehler, die das undeutliche Sehen hervorbringen, habe ich schon oben im 2. und 3. Abschnitte gehandelt.[1]

Galilei, ohne die Doppelsterne zu einem besonderen Gegenstande seiner teleskopischen Beobachtungen zu machen (woran ihn auch die große Schwäche seiner Vergrößerungen würde gehindert haben), erwähnt in einer berühmten, schon von Arago bezeichneten Stelle der Giornata terza seiner Gespräche den Gebrauch, welchen die Astronomen von optischen Doppelsternen (quando si trovasse nel telescopio qualche picciolissima stella, vicinissima ad alcuna delle maggiori) zur Auffindung einer Fixsternparallaxe machen könnten.[2] Bis in die Mitte des vorigen Jahrhunderts waren in den Sternverzeichnissen kaum 20 Doppelsterne aufgeführt, wenn man diejenigen ausschließt, welche weiter als 32″ voneinander abstehen; jetzt, hundert Jahre später, sind (Dank sei es hauptsächlich den großen Arbeiten von Sir William Herschel, Sir John Herschel und Struve!) in beiden Hemisphären an 6000 aufgefunden. Zu den ältesten beschriebenen Doppelsternen gehören: ζ Ursae maj. (7. September 1700 von Gottfried Kirch), α Centauri (1709 von Feuillée), γ Virginis (1718), α Geminorum (1719), 61 Cygni (1753, wie die beiden vorigen, von Bradley nach Distanz und Richtungswinkel beobachtet), p Ophiuchi, ζ Cancri...... Es vermehrten sich allmählich die aufgezählten Doppelsterne, von Flamsteed an, der sich eines Mikrometers bediente, bis zum Sternkatalog von Tobias Mayer, welcher 1756 erschien. Zwei scharfsinnig ahnende und kombinierende Denker, Lambert („Photometria“ 1760, „Kosmologische Briefe über die Einrichtung des Weltbaues“ 1761) und John Michell (1767), beobachteten nicht selbst

Doppelsterne, verbreiteten aber zuerst richtige Ansichten über die Attraktionsbeziehungen der Sterne in partiellen binären Systemen. Lambert wagte wie Kepler die Vermutung, daß die fernen Sonnen (Fixsterne) wie die unserige von dunkeln Weltkörpern, Planeten und Kometen, umgeben seien, von den einander nahestehenden Fixsternen aber glaubte er, so sehr er auch sonst zur Annahme dunkler Centralkörper geneigt scheint, „daß sie in einer nicht zu langen Zeit eine Revolution um ihren gemeinschaftlichen Schwerpunkt vollendeten". Michell, der von Kants und Lamberts Ideen keine Kenntnis hatte, wandte zuerst und mit Scharfsinn die Wahrscheinlichkeitsrechnung auf enge Sterngruppen, besonders auf vielfache Sterne, binäre und quaternäre, an; er zeigte, wie 500 000 gegen 1 zu wetten sei, daß die Zusammenstellung von sechs Hauptsternen der Plejaden nicht vom Zufalle herrühre, daß vielmehr ihre Gruppierung in einer inneren Beziehung der Sterne gegeneinander gegründet sein müsse. Er ist der Existenz von leuchtenden Sternen, die sich umeinander bewegen, so gewiß, daß er diese partiellen Sternsysteme zu sinnreicher Lösung einiger astronomischen Aufgaben anzuwenden vorschlägt. [3]

Der Mannheimer Astronom Christian Mayer hat das große Verdienst, auf dem sicheren Wege wirklicher Beobachtungen die Doppelsterne zuerst (1778) zu einem besonderen Ziele seiner Bestrebungen erhoben zu haben. Die unglücklich gewählte Benennung von Fixsterntrabanten und die Beziehungen, welche er zwischen Sternen zu erkennen glaubte, die von Arcturus $2\frac{1}{2}°$ bis $2° 55'$ abstehen, setzten ihn bitteren Angriffen seiner Zeitgenossen, und unter diesen dem Tadel des großen und scharfsinnigen Mathematikers Nikolaus Fuß, aus. Das Sichtbarwerden dunkler planetarischer Körper in reflektiertem Lichte war bei so ungeheurer Entfernung allerdings unwahrscheinlich. Man achtete nicht auf die Resultate sorgfältig angestellter Beobachtungen, weil man die systematische Erklärung der Erscheinungen verwarf; und doch hatte Christian Mayer in einer Verteidigungsschrift gegen den Pater Maximilian Hell, Direktor der kaiserlichen Sternwarte zu Wien, ausdrücklich erklärt, „daß die kleinen Sterne, welche den großen so nahe stehen, entweder erleuchtete, an sich dunkle Planeten, oder daß beide Weltkörper, der Hauptstern und sein Begleiter, zwei umeinander kreisende, selbstleuchtende Sonnen seien". Das Wichtige von Christian Mayers Arbeit ist lange

nach seinem Tode von Struve und Mädler dankbar und öffentlich anerkannt worden. In seinen beiden Abhandlungen: Verteidigung neuer Beobachtungen von Fixsterntrabanten (1778) und Diss. de novis in coelo sidereo phaenomenis (1779), sind 80 von ihm beobachtete Sternpaare beschrieben, unter denen 67 einen geringeren Abstand als 32″ haben. Die meisten derselben sind von Christian Mayer neu entdeckt durch das vortreffliche 8füßige Fernrohr des Mannheimer Mauerquadranten; „manche gehören noch jetzt zu den schwierigsten Objekten, welche nur kräftige Instrumente darzustellen vermögen, wie ρ und 71 Herculis, ε 5 Lyrae und ω Piscium“. Mayer maß freilich nur am Meridianinstrumente (wie man aber noch lange nach ihm gethan) Abstände in Rektaszension und Deklination, und wies aus seinen wie aus den Beobachtungen früherer Astronomen Positionsveränderungen nach, von deren numerischem Werte er irrigerweise nicht abzog, was (in einzelnen Fällen) der eigenen Bewegung der Sterne angehörte.

Diesen schwachen, aber denkwürdigen Anfängen folgte William Herschels Riesenarbeit über die vielfachen Sterne. Sie umfaßt eine lange Periode von mehr als 25 Jahren. Denn wenn auch das erste Verzeichnis von Herschels Doppelsternen vier Jahre später als Christian Mayers Abhandlung über denselben Gegenstand veröffentlicht wurde, so reichen des ersteren Beobachtungen doch bis 1779, ja, wenn man die Untersuchungen über das Trapezium im großen Nebelfleck des Orion hinzurechnet, bis 1776 hinauf. Fast alles, was wir heute von der vielfältigen Gestaltung der Doppelsterne wissen, wurzelt ursprünglich in Sir William Herschels Arbeit. Er hat in den Katalogen von 1782, 1783 und 1804 nicht bloß 836, meist von ihm allein entdeckte, in Position und Distanz bestimmte Doppelsterne aufgestellt, sondern, was weit wichtiger als die Vermehrung der Anzahl ist, er hat seinen Scharfsinn und Beobachtungsgeist auch schon an allem dem geübt, was sich auf die Bahn, die vermutete Umlaufszeit, auf Helligkeit, Farbenkontrast und Klassifikation nach Größe der gegenseitigen Abstände bezieht. Phantasiereich und doch immer mit großer Vorsicht fortschreitend, sprach er sich erst im Jahre 1794, indem er optische und physische Doppelsterne unterschied, vorläufig über die Natur der Beziehung des größeren Sternes zu seinem kleineren Begleiter aus. Den ganzen Zusammenhang der Erscheinungen entwickelte er erst 9 Jahre später in

dem 93. Bande der Philosophical Transactions. Es wurde nun der Begriff von partiellen Sternsystemen festgesetzt, in denen mehrere Sonnen um ihren gemeinschaftlichen Schwerpunkt kreisen. Das mächtige Walten von Anziehungskräften, das in unserem Sonnensystem sich bis zum Neptun in 30 Erdweiten (622 Mill. geogr. Meilen = 4615½ Mill. km) erstreckt, ja durch Anziehung der Sonne den großen Kometen von 1680 in der Entfernung von 28 Neptunsweiten (d. i. von 853 Erdweiten oder 17700 Mill. geogr. Meilen = 131342 Mill. km) zum Umkehren zwingt, offenbart sich auch in der Bewegung des Doppelsternes 61 des Schwans, welcher 18240 Neptunsweiten (550900 Erdweiten oder 11394000 Mill. geogr. Meilen = 820000000 Mill. km), bei einer Parallaxe von 0,3744″ von der Sonne entfernt ist. Wenn aber auch Sir William Herschel die Ursachen und den allgemeinen Zusammenhang der Erscheinungen in großer Klarheit erkannte, so waren doch in dem ersten Jahrzehnt des 19. Jahrhunderts die Positionswinkel, welche sich aus den eigenen Beobachtungen und aus den nicht sorgfältig genug benutzten älteren Sternkatalogen ergaben, an zu kurze und allzu nahe Epochen gebunden, als daß die einzelnen numerischen Verhältnisse der Umlaufszeiten oder Bahnelemente eine volle Sicherheit gewähren könnten. Sir John Herschel erinnert selbst an die so unsicheren Angaben der Umlaufszeiten von α Geminorum (334 Jahre statt nach Mädler[4] 520), von γ Virginis (708 statt 169), und von γ Leonis (1424 des großen Katalogs von Struve), einem prachtvollen Sternpaar, goldfarben und rötlichgrün (1200 Jahre).

Nach William Herschel haben mit bewundernswürdiger Thätigkeit, und durch vervollkommnete Instrumente (besonders durch Mikrometerapparate) unterstützt, die eigentlichen spezielleren Grundlagen eines so wichtigen Zweiges der Astronomie Struve der Vater (1813 bis 1842) und Sir John Herschel (1819 bis 1838) gelegt. Struve veröffentlichte sein erstes Dorpater Verzeichnis von Doppelsternen (796 an der Zahl) im Jahre 1820. Demselben folgte ein zweites 1824 mit 3112 Doppelsternen bis 9. Größe in Abständen unterhalb 32″, von welchen nur etwa ⅙ früher gesehen worden war. Um diese Arbeit zu vollbringen, wurden im großen Refraktor von Fraunhofer an 120000 Fixsterne untersucht. Struves drittes Verzeichnis vielfacher Sterne ist von 1837 und bildet das wichtige Werk: Stellarum compositarum Mensurae

micrometricae.[5] Es enthält, da mehrere, unsicher beobachtete Objekte mit Sorgfalt ausgeschlossen wurden, 2787 Doppelsterne.

Diese Zahl ist wiederum durch Sir John Herschels Beharrlichkeit während seines vierjährigen, für die genaueste topographische Kenntnis des südlichen Himmels Epoche machenden Aufenthalts in Feldhausen am Vorgebirge der guten Hoffnung mit mehr als 2100, bis auf wenige Ausnahmen bisher unbeobachteten Doppelsternen bereichert worden. Alle diese afrikanischen Beobachtungen sind durch ein 20füßiges Spiegelteleskop gemacht, auf 1830 reduziert, und angereiht den 6 Katalogen, welche, 3346 Doppelsterne enthaltend, Sir John Herschel der Astronomical Society zu London für den 6. und 9. Teil ihrer reichhaltigen Memoirs übergeben hat. In diesen europäischen Verzeichnissen sind die 380 Doppelsterne aufgeführt, welche der eben genannte berühmte Astronom 1825 gemeinschaftlich mit Sir James South beobachtet hatte.

Wir sehen in dieser historischen Entwickelung, wie die Wissenschaft in einem halben Jahrhundert allmählich zu dem Schatz gründlicher Kenntnis von partiellen, besonders binären Systemen im Weltraum gelangt ist. Die Zahl der Doppelsterne (optische und physische zusammengenommen) kann gegenwärtig mit einiger Sicherheit auf 6000 geschätzt werden, wenn eingeschlossen sind die von Bessel durch das herrliche Fraunhofersche Heliometer beobachteten, die von Argelander[6] zu Abo (1827 bis 1835), von Encke und Galle zu Berlin (1836 und 1839), von Preuß und Otto Struve in Pulkowa (seit dem Katalogus von 1837), von Mädler in Dorpat und Michell in Cincinnati (Ohio) mit einem 17füßigen Münchener Refraktor beobachteten. Wie viele von jenen 6000 für das bewaffnete Auge nahe aneinander gerückten Sternen in unmittelbarer Attraktionsbeziehung miteinander stehen, eigene Systeme bilden und sich in geschlossenen Bahnen bewegen, d. h. sogenannte physische (kreisende) Doppelsterne sind, ist eine wichtige, aber schwer zu beantwortende Frage. Der kreisenden Begleiter werden allmählich immer mehr entdeckt. Außerordentliche Langsamkeit der Bewegung oder die Richtung der für unser Auge projizierten Bahnfläche, in welcher der sich bewegende Stern eine der Beobachtung ungünstige Position einnimmt, lassen uns lange physische Doppelsterne den optischen, nur genähert scheinenden, beizählen. Aber

nicht bloß deutlich erkannte, meßbare Bewegung ist ein Kriterium, schon die von Argelander und Bessel bei einer beträchtlichen Zahl von Sternpaaren erwiesene, ganz gleiche Eigenbewegung im großen Weltraume (ein gemeinschaftliches Fortschreiten, wie das unseres ganzen Sonnengebietes, also der Erde und des Mondes, des Jupiter, des Saturn, des Uranus, des Neptun mit ihren Trabanten) zeugt für den Zusammenhang der Hauptsterne und ihrer Begleiter, für das Verhältnis in abgeschlossenen, partiellen Systemen. Mädler hat die interessante Bemerkung gemacht, daß, während bis 1836 man unter 2640 katalogisierten Doppelsternen nur 58 Sternpaare erkannte, in denen eine Stellungsverschiedenheit mit Gewißheit beobachtet wurde, und 105, in welchen dieselben nur für mehr oder minder wahrscheinlich gehalten werden konnte, gegenwärtig das Verhältnis der physischen Doppelsterne zu den optischen so verändert sei zum Vorteil der ersteren, daß unter 6000 Sternpaaren man nach einer 1849 veröffentlichten Tabelle schon siebenthalbhundert [7] kennt, in denen sich eine gegenseitige Positionsveränderung nachweisen läßt. Das ältere Verhältnis gab $^1/_{16}$, das neueste bereits $^1/_9$ für die durch beobachtete Bewegung des Hauptsternes und den Begleiter sich als physische Doppelsterne offenbarenden Weltkörper.

Ueber die verhältnismäßige räumliche Verteilung der binären Sternsysteme, nicht bloß in den Himmelsräumen, sondern auch nur an dem scheinbaren Himmelsgewölbe, ist numerisch noch wenig ergründet. In der Richtung gewisser Sternbilder (der Andromeda, des Bootes, des großen Bären, des Luchses und des Orion) sind in der nördlichen Hemisphäre die Doppelsterne am häufigsten. Für die südliche Hemisphäre macht Sir John Herschel das unerwartete Resultat bekannt, „daß in dem extratropikalen Teile dieser Hemisphäre die Zahl der vielfachen Sterne um vieles geringer ist als in dem korrespondierenden nördlichen Teile". Und doch sind jene anmutigen südlichen Regionen mit einem lichtvollen 20füßigen Spiegelteleskope, das Sterne 8. Größe bis in Abständen von $^3/_4$ Sekunden trennte, unter den günstigsten atmosphärischen Verhältnissen von dem geübtesten Beobachter durchforscht worden.

Eine überaus merkwürdige Eigentümlichkeit der vielfachen Sterne ist das Vorkommen kontrastierender Farben unter denselben. Aus 600 helleren Doppelsternen sind in Beziehung

auf Farbe von Struve in seinem großen 1837 erschienenen Werke folgende Resultate gezogen worden: Bei 375 Sternpaaren waren beide Teile, der Hauptstern und der Begleiter, von derselben und gleich intensiver Farbe. In 101 war nur ein Unterschied der gleichnamigen Farbe zu erkennen. Der Sternpaare mit ganz verschiedenartigen Farben waren 120, oder $^1/_5$ des Ganzen, während die Einfarbigkeit des Hauptsternes und des Begleiters sich auf $^4/_5$ der ganzen, sorgfältig untersuchten Masse erstreckte. Fast in der Hälfte jener 600 Doppelsterne waren Hauptstern und Begleiter weiß. Unter den verschiedenfarbigen sind Zusammensetzungen von Gelb und Blau (wie in ι Cancri), und Rotgelb und Grün (wie im ternären γ Andromedae) sehr häufig.

Arago hat zuerst (1825) darauf aufmerksam gemacht, daß die Verschiedenartigkeit der Farbe in dem binären Systeme hauptsächlich oder wenigstens in sehr vielen Fällen sich auf Komplementarfarben (auf die sich zu Weiß [8] ergänzenden, sogenannten subjektiven) bezieht. Es ist eine bekannte optische Erscheinung, daß ein schwaches weißes Licht grün erscheint, wenn ein starkes (intensives) rotes Licht genähert wird; das weiße Licht wird blau, wenn das stärkere umgebende Licht gelblich ist. Arago hat aber mit Vorsicht daran erinnert, daß, wenn auch bisweilen die grüne oder blaue Färbung des Begleiters eine Folge des Kontrastes ist, man doch im ganzen keinesweges das reelle Dasein grüner oder blauer Sterne leugnen könne. [9] Es gibt Beispiele, in denen ein hellleuchtender weißer Stern (1527 Leonis, 1768 Can. ven.) von einem kleinen blauen Stern begleitet ist, wo in einem Sternpaar (δ Serp.) beide, der Hauptstern und sein Begleiter blau sind; [10] er schlägt vor, um zu untersuchen, ob die kontrastierende Färbung nur subjektiv sei, den Hauptstern im Fernrohr (sobald der Abstand es erlaubt) durch einen Faden oder ein Diaphragma zu verdecken. Gewöhnlich ist nur der kleinere Stern der blaue; anders ist es aber im Sternpaar 23 Orionis (696 des Kat. von Struve p. LXXX); in diesem ist der Hauptstern bläulich, der Begleiter rein weiß. Sind oftmals in den vielfachen Sternen die verschiedenfarbigen Sonnen von uns unsichtbaren Planeten umgeben, so müssen letztere verschiedenartig erleuchtet, ihre weißen, blauen, roten und grünen Tage haben.

So wenig, wie wir schon oben gezeigt haben, die periodische Veränderlichkeit der Sterne notwendig an die rote

oder rötliche Farbe derselben gebunden ist, ebensowenig ist Färbung im allgemeinen oder eine kontrastierende Verschiedenheit der Farbentöne zwischen dem Hauptstern und dem Begleiter den vielfachen Sternen eigentümlich. Zustände, weil wir sie häufig hervorgerufen finden, sind darum nicht die allgemein notwendigen Bedingungen der Erscheinungen, sei es des periodischen Lichtwechsels, sei es des Kreisens in partiellen Systemen um einen gemeinschaftlichen Schwerpunkt. Eine sorgfältige Untersuchung der hellen Doppelsterne (Farbe ist noch bei Sternen 9. Größe zu bestimmen) lehrt, daß außer dem reinen Weiß auch alle Farben des Sonnenspektrums in den Doppelsternen gefunden werden, daß aber der Hauptstern, wenn er nicht weiß ist, sich im allgemeinen dem roten Extrem (dem der weniger refrangiblen Strahlen) nähert, der Begleiter dem violetten Extrem (der Grenze der am meisten refrangiblen Strahlen). Die rötlichen Sterne sind doppelt so häufig als die blauen und bläulichen, die weißen sind ungefähr 2½mal so zahlreich als die roten und rötlichen. Merkwürdig ist es auch, daß gewöhnlich ein großer Unterschied der Farbe mit einem bedeutenden Unterschied in der Helligkeit verbunden ist. In zwei Sternpaaren, die wegen ihrer großen Helligkeit in starken Fernröhren bequem bei Tage gemessen werden können, in ζ Bootis und γ Leonis, besteht das erstere Paar aus zwei weißen Sternen 3^m und 4^m, das letztere aus einem Hauptstern 2^m und einem Begleiter von $3{,}5^m$. Man nennt diesen den schönsten Doppelstern des nördlichen Himmels, während daß α Centauri [11] und α Crucis am südlichen Himmel alle anderen Doppelsterne an Glanz übertreffen. Wie in ζ Bootis, bemerkt man in α Centauri und γ Virginis die seltene Zusammenstellung zweier großer Sterne von wenig ungleicher Lichtstärke.

Ueber das Veränderliche der Helligkeit in vielfachen Sternen, besonders über Veränderlichkeit der Begleiter, herrscht noch nicht einstimmige Gewißheit. Wir haben schon oben mehrmals der etwas unregelmäßigen Veränderlichkeit des Glanzes vom gelbroten Hauptstern α Herculis erwähnt. Auch der von Struve (1831 bis 1833) beobachtete Wechsel der Helligkeit der nahe gleichen und gelblichen Sterne (3^m), des Doppelsternes γ Virginis und Anon. 2718, deutet vielleicht auf eine sehr langsame Achsendrehung beider Sonnen. Ob in Doppelsternen je eine wirkliche Farbenveränderung vorgegangen sei (γ Leonis und γ Delphini?), ob in ihnen weißes Licht

farbig wird, wie umgekehrt im isolierten Sirius farbiges Licht weiß geworden ist, bleibt noch unentschieden, und wenn die bestrittenen Unterschiede sich nur auf schwache Farbentöne beziehen, so ist auf die organische Individualität der Beobachter und wo nicht Refraktoren angewandt werden, auf den oft rötenden Einfluß der Metallspiegel in den Teleskopen Rücksicht zu nehmen.

Unter den mehrfachen Systemen finden sich: dreifache (ξ Lybrae, ζ Cancri, 12 Lyncis, 11 Monoc.), vierfache (102 und 2681 des Struveschen Katalogs, α Andromedae, ε Lyrae), eine sechsfache Verbindung in ϑ Orionis, dem berühmten Trapezium des großen Orionnebels, wahrscheinlich einem einigen physischen Attraktionssystem, weil die 5 kleineren Sterne ($6{,}3^m$, 7^m, 8^m, $11{,}3^m$ und 12^m) der Eigenbewegung des Hauptsternes ($4{,}7^m$) folgen. Veränderung in der gegenseitigen Stellung ist aber bisher nicht bemerkt worden. In 2 dreifachen Sternpaaren, ξ Lybrae und ζ Cancri, ist die Umlaufsbewegung beider Begleiter mit großer Sicherheit erkannt worden. Das letztere Paar besteht aus 3 an Helligkeit wenig verschiedenen Sternen 3. Größe, und der nähere Begleiter scheint eine 10fach schnellere Bewegung als der entferntere zu haben.

Die Zahl der Doppelsterne, deren Bahnelemente sich haben berechnen lassen, wird gegenwärtig zu 14 bis 16 angegeben. Unter diesen hat ζ Herculis seit der Zeit der ersten Entdeckung schon zweimal seinen Umlauf vollendet, und während desselben (1802 und 1831) das Phänomen der scheinbaren Bedeckung eines Fixsternes durch einen anderen Fixstern dargeboten. Die frühesten Messungen und Berechnungen der Doppelsternbahnen verdankt man dem Fleiße von Savary (ξ Ursae maj.), Encke (70 Ophiuchi) und Sir John Herschel; ihnen sind später Bessel, Struve, Mädler, Hind, Smith und Kapitän Jacob gefolgt. Savarys und Enckes Methoden fordern 4 vollständige, hinreichend weit voneinander entfernte Beobachtungen. Die kürzesten Umlaufsperioden sind von 30, 42, 58 und 77 Jahren, also zwischen den planetarischen Umlaufszeiten des Saturn und Uranus, die längsten mit einiger Sicherheit bestimmten, übersteigen 500 Jahre, d. i. sie sind ungefähr gleich dem dreimaligen Umlauf von le Verriers Neptun. Die Exzentrizität der elliptischen Doppelsternbahnen ist nach dem, was man bis jetzt erforscht hat, überaus beträchtlich, meist kometenartig von 0,62 (σ Coronae) bis 0,95

(α Centauri) anwachsend. Der am wenigsten exzentrische innere Komet, der von Faye, hat die Exzentrizität 0,55, eine geringere als die Bahn der eben genannten zwei Doppelsterne. Auffallend geringere Exzentrizitäten bieten η Coronae (0,29) und Castor (0,22 oder 0,24) nach Mädlers und Hinds Berechnungen dar. In diesen Doppelsternen werden von den beiden Sonnen Ellipsen beschrieben, welche denen zweier der kleinen Hauptplaneten unseres Sonnensystemes (den Bahnen der Pallas, 0,24, und Juno, 0,25) nahe kommen.

Wenn man mit Encke in einem binären System einen der beiden Sterne, den helleren, als ruhend betrachtet und demnach die Bewegung des Begleiters auf diesen bezieht, so ergibt sich aus dem bisher Beobachteten, daß der Begleiter um den Hauptstern einen Kegelschnitt beschreibt, in dessen Brennpunkt sich der letztere befindet, eine Ellipse, in welcher der Radius vector des umlaufenden Weltkörpers in gleichen Zeiten gleiche Flächenräume zurücklegt. Genaue Messungen von Positionswinkeln und Abständen, zu Bahnbestimmungen geeignet, haben schon bei einer beträchtlichen Zahl von Doppelsternen gezeigt, daß der Begleiter sich um den als ruhend betrachteten Hauptstern, von denselben Gravitationskräften getrieben, bewegt, welche in unserem Sonnensystem walten. Diese feste, kaum erst seit einem Vierteljahrhundert errungene Ueberzeugung bezeichnet eine der großen Epochen in der Entwickelungsgeschichte des höheren kosmischen Naturwissens. Weltkörper, denen man nach altem Brauche den Namen der Fixsterne erhalten hat, ob sie gleich weder an die Himmelsdecke angeheftet noch unbewegt sind, hat man sich gegenseitig bedecken gesehen. Die Kenntnis von der Existenz partieller Systeme in sich selbst gegründeter Bewegung erweitert um so mehr den Blick, als diese Bewegungen wieder allgemeineren, die Himmelsräume belebenden, untergeordnet sind.

Bahnelemente von Doppelsternen.

(Hierzu ist der große Zusatz am Schluß dieses Bandes zu fügen.)

Name	halbe große Achse	Exzentrizität	Umlaufszeit in Jahren	Berechner
1) ξ Ursae maj.	3,857″	0,4164	58,262	Savary 1830
	3,278″	0,3777	60,720	John Herschel Tabelle von 1849
	2,295″	0,4037	61,300	Mädler 1847
2) p Ophiuchi	4,328″	0,4300	73,862	Encke 1832
3) ζ Herculis	1,208″	0,4320	30,22	Mädler 1847
4) Castor	8,086″	0,7582	252,66	John Herschel Tabelle von 1849
	5,692″	0,2194	519,77	Mädler 1847
	6,300″	0,2405	632,27	Hind 1849
5) γ Virginis	3,580″	0,8795	182,12	John Herschel Tabelle von 1849
	3,863″	0,8806	169,44	Mädler 1847
6) α Centauri	15,500″	0,9500	77,00	Cap. Jacob 1848

Anmerkungen.

[1] (S. 206.) Als merkwürdige Beispiele von der Schärfe der Sehorgane ist noch anzuführen, daß Keplers Lehrer Möstlin mit bloßen Augen 14, und schon einige der Alten neun Sterne, in dem Siebengestirn mit bloßen Augen erkannten.

[2] (S. 206.) Auch Dr. Gregory von Edinburg empfiehlt 1675 (also 33 Jahre nach Galileis Hinscheiden) dieselbe parallaktische Methode. Bradley (1748) spielt auf diese Methode an am Ende der berühmten Abhandlung über die Nutation.

[3] (S. 207.) John Michell: „If it should hereafter be found, that any of the stars have others revolving about them (for no satellites by a borrowed light *could possibly be visible*), we should then have the means of discovering . . . . . ." Er leugnet in der ganzen Diskussion, daß einer der zwei kreisenden Sterne ein dunkler, fremdes Licht reflektierender Planet sein könne, weil beide uns trotz der Ferne sichtbar werden. Er vergleicht die Dichtigkeit beider, von denen er den größeren den Central star nennt, mit der Dichtigkeit unserer Sonne, und bezieht das Wort Satellit nur auf die Idee des Kreisens, auf die einer wechselseitigen Bewegung; er spricht von der „greatest apparent elongation of those stars, thad revolved about the others as satellites". Ferner heißt es: „We may conclude with the highest probability (the odds against the contrary opinion being many million millions to one) that stars form a kind of system by mutual gravitation. It is highly probable in particular, and next to a certainty in general, that such double stars as appear to consist of two or more stars placed near together, are under the influence of some general law, such perhaps as gravity . . . . ." Den numerischen Resultaten der Wahrscheinlichkeitsrechnung, welche Michell angibt, muß man einzeln keine große Sicherheit zuschreiben, da die Voraussetzungen, daß es 230 Sterne am ganzen Himmel gebe, welche an Lichtstärke dem β Capricorni, und 1500, welche der Lichtstärke der sechs größeren Plejaden gleich seien, keine Richtigkeit haben. Die geistreiche kosmologische Abhandlung von John Michell endigt mit dem sehr gewagten Versuch einer Erklärung des Funkelns der Fixsterne durch eine Art von „Pulsation in materiellen Lichtausstößen", einer nicht glück-

licheren als die, welche Simon Marius, einer der Entdecker der Jupiterstrabanten, am Ende seines Mundus Jovialis (1614) gegeben hatte. Michell hat aber das Verdienst, darauf aufmerksam gemacht zu haben, daß das Funkeln immer mit Farbenveränderung verbunden ist, „besides their brightness there is in the twinkling of the fixed stars a change of colour.“

[4] (S. 209.) Man hat für Castor zwei alte Beobachtungen von Bradley 1719 und 1759 (die erste gemeinschaftlich mit Pond, die zweite mit Maskelyne), zwei von Herschel dem Vater von 1779 und 1803.

[5] (S. 210.) Es sind im ganzen 2641 + 146, also 2787 beobachtete Sternpaare.

[6] (S. 210.) Argelander, indem er eine große Zahl von Fixsternen zur sorgfältigsten Ergründung eigener Bewegung untersuchte. Auf 600 schlägt Mädler die Zahl der zu Pulkowa seit 1837 in der Nordhemisphäre des Himmels neu entdeckten, vielfachen Sterne an.

[7] (S. 211.) Die Zahl der Fixsterne, an denen man mit Gewißheit Eigenbewegung bemerkt hat, während man sie bei allen vermuten kann, ist um ein geringes größer, als die Sternpaare, bei welchen Stellungsverschiedenheit beobachtet worden ist. Ergebnisse durch Anwendung der Wahrscheinlichkeitsrechnung auf diese Verhältnisse, je nachdem die gegenseitigen Abstände in den Sternpaaren 0″ bis 1″, 2″ bis 8″ oder 16″ bis 32″ sind, gibt Struve. Abstände, welche kleiner als 0,8″ sind, werden geschätzt, und Versuche mit sehr nahen künstlichen Doppelsternen haben dem Beobachter die Hoffnung bestätigt, daß diese Schätzungen meist bis 0,1″ sicher sind.

[8] (S. 212.) Zwei Gläser, welche Komplementarfarben darstellen, dienen dazu, wenn man dieselben aufeinander legt, weiße Sonnenbilder zu geben. Mein Freund hat sich, während meines langen Aufenthaltes auf der Pariser Sternwarte, dieses Mittels mit vielem Vorteil statt der Blendgläser bei Beobachtung von Sonnenfinsternissen und Sonnenflecken bedient. Man wählt: Rot mit Grün, Gelb mit Blau, Grün mit Violett. „Lorsqu' une lumière forte se trouve auprès d'une lumière faible, la dernière prend la teinte *complémentaire* de la première. C'est là le *contraste*, mais comme le rouge n'est presque jamais pur, on peut tout aussi bien dire que le rouge est complémentaire du bleu. Les couleurs voisines du Spectre solaire se substituent.“ (Arago, Handschrift von 1847.)

[9] (S. 212.) „Les exceptions que je cite, prouvent que j'avais bien raison, en 1825, de n'introduire la notion physique du *contraste* dans la question des étoiles doubles qu'avec la plus grande réserve. Le bleu est la couleur réelle de certaines étoiles. Il résulte des observations recueillies jusqu' ici que le firmament est non seulement parsemé de soleils

rouges et *jaunes*, comme le savaient les anciens, mais encore de soleils *bleus* et *verts*. C'est au temps et à des observations futures à nous apprendre si les étoiles vertes ou bleues ne sont pas des soleils déjà en voie de décroissance; si les différentes nuances de ces astres n'indiquent pas que la combustion s'y opère à différens degrés; si la teinte, avec excès des rayons les plus réfrangibles, que présente souvent la petite étoile, ne tiendrait pas à la force absorbante d'une atmosphère que développerait l'action de l'étoile, ordinairement beaucoup plus brillante, qu'elle accompagne." (Arago im Annuaire pour 1834, p. 295 bis 301.)

[10] (S. 212.) Struve zählt 63 Sternpaare auf, in denen beide Sterne blau oder bläulich sind und bei denen also die Farbe nicht Folge des Kontrastes sein kann. Wenn man gezwungen ist, die Farbenangaben desselben Sternpaares von verschiedenen Beobachtern miteinander zu vergleichen, so wird es besonders auffallend, wie oft der Begleiter eines roten oder gelbroten Hauptsternes von einem Beobachter blau, von anderen grün genannt worden ist.

[11] (S. 213.) „This superb double star (*α Cent.*) is beyond all comparison the most striking object of the kind in the heavens, and consists of two individuals, both of a high ruddy or orange colour, though that of the smaller is of a somewhat more sombre and brownish cast." Sir John Herschel, Kapreise p. 300. Nach den schönen Beobachtungen von Kapitän Jacob (Bombay Engineers, in den Jahren 1846 bis 1848) ist aber der Hauptstern 1^m, der Begleiter $2{,}5^m$ bis 3^m geschätzt.

VII.

Die Nebelflecke. — Ob alle nur ferne und sehr dichte Sternhaufen sind? — Die beiden Magelhaensschen Wolken, in denen sich Nebelflecke mit vielen Sternschwärmen zusammengedrängt finden. — Die sogenannten schwarzen Flecken oder Kohlensäcke am südlichen Himmelsgewölbe.

Unter den sichtbaren, den Himmelsraum erfüllenden Weltkörpern gibt es neben denen, welche mit Sternlicht glänzen (selbst leuchtenden oder bloß planetarisch erleuchteten, isoliert stehenden, oder vielfach gepaarten und um einen gemeinschaftlichen Schwerpunkt kreisenden Sternen) auch Massen mit milderem, mattem Nebelschimmer. Bald als scharf begrenzte, scheibenförmige Lichtwölkchen auftretend, bald unförmlich und vielgestaltet über große Räume ergossen, scheinen diese auf den ersten Blick dem bewaffneten Auge ganz von den Weltkörpern verschieden, welche wir in den letzten vier Abschnitten der Astrognosie umständlich behandelt haben. Wie man geneigt ist, aus der beobachteten, bisher unerklärten Bewegung gesehener Weltkörper auf die Existenz ungesehener zu schließen, so haben Erfahrungen über die Auflöslichkeit einer beträchtlichen Zahl von Nebelflecken in der neuesten Zeit zu Schlußfolgen über die Nichtexistenz aller Nebelflecke, ja alles kosmischen Nebels im Weltraume geleitet. Mögen jene wohlbegrenzten Nebelflecke eine selbstleuchtende dunstartige Materie, oder ferne, eng zusammengedrängte, rundliche Sternhaufen sein, immer bleiben sie für die Kenntnis der Anordnung des Weltgebäudes, dessen, was die Himmelsräume ausfüllt, von großer Wichtigkeit.

Die Zahl der örtlich in Rektaszension und Deklination bestimmten übersteigt schon 3600. [1] Einige der unförmlich ausgedehnten haben die Breite von acht Monddurchmessern. Nach William Herschels älterer Schätzung (1811) bedecken die Nebelflecke wenigstens $^1/_{270}$ des ganzen sichtbaren Firmamentes.

durch Riesenfernröhren gesehen, führt ihre Betrachtung in Regionen, aus denen der Lichtstrahl nach nicht ganz unwahrscheinlicher Annahme Millionen von Jahren braucht, um zu uns zu gelangen, auf Abstände, zu deren Ausmessung die Dimensionen unserer näheren Fixsternschicht (Siriusweiten oder berechnete Entfernungen von den Doppelsternen des Schwanes und des Centauren) kaum ausreichen. Sind die Nebelflecke elliptische oder kugelförmige Sterngruppen, so erinnern sie durch ihre Konglomeration selbst an ein rätselhaftes Spiel von Gravitationskräften, denen sie gehorchen. Sind es Dunstmassen mit einem oder mehreren Nebelkernen, so mahnen die verschiedenen Grade ihrer Verdichtung an die Möglichkeit eines Prozesses allmählicher Sternbildung aus ungeballter Materie. Kein anderes kosmisches Gebilde, kein anderer Gegenstand der mehr beschauenden als messenden Astronomie ist in gleichem Maße geeignet, die Einbildungskraft zu beschäftigen, nicht etwa bloß als symbolisierendes Bild räumlicher Unendlichkeit, sondern weil die Erforschung verschiedener Zustände des Seins und ihre geahnete Verknüpfung in zeitlicher Reihenfolge uns Einsicht in das Werden zu offenbaren verheißt.

Die historische Entwickelung unserer gegenwärtigen Kenntnis von den Nebelflecken lehrt, daß hier, wie fast überall in der Geschichte des Naturwissens, dieselben entgegengesetzten Meinungen, welche jetzt noch zahlreiche Anhänger haben, vor langer Zeit, doch mit schwächeren Gründen verteidigt wurden. Seit dem allgemeinen Gebrauch des Fernrohres sehen wir Galilei, Dominikus Cassini und den scharfsinnigen John Michell alle Nebelflecke als ferne Sternhaufen betrachten, während Halley, Derham, Lacaille, Kant und Lambert die Existenz sternloser Nebelmassen behaupteten. Kepler (wie vor der Anwendung des teleskopischen Sehens Tycho de Brahe) war ein eifriger Anhänger der Theorie der Sternbildung aus kosmischem Nebel, aus verdichtetem, zusammengeballtem Himmelsdunste. Er glaubte: „caeli materiam tenuissimam (der Nebel, welcher in der Milchstraße mit mildem Sternenlicht leuchte), in unum globum condensatam, stellam effingere“; er gründete seine Meinung nicht auf den Verdichtungsprozeß, der in begrenzten rundlichen Nebelflecken vorgehe (diese waren ihm unbekannt), sondern auf das plötzliche Auflodern neuer Sterne am Rande der Milchstraße.

Wie die Geschichte der Doppelsterne, so beginnt auch

die der Nebelflecke, wenn man das Hauptaugenmerk auf die Zahl der aufgefundenen Objekte, auf die Gründlichkeit ihrer teleskopischen Untersuchung und die Verallgemeinerung der Ansichten richtet, mit William Herschel. Bis zu ihm (Messiers verdienstvolle Bemühungen eingerechnet) waren in beiden Hemisphären nur 120 unaufgelöste Nebelflecke der Position nach bekannt, und im Jahre 1786 veröffentlichte der große Astronom von Slough ein erstes Verzeichnis, das deren 1000 enthielt. Schon früher habe ich in diesem Werke umständlich erinnert, daß, was vom Hipparchus und Geminus in den Katasterismen des Pseudo-Eratosthenes und im Almagest des Ptolemäus Nebelsterne (νεφελοειδεῖς) genannt wird, Sternhaufen sind, welche dem unbewaffneten Auge in Nebelschimmer erscheinen. Dieselbe Benennung, als Nebulosae latinisiert, ist in der Mitte des 13. Jahrhunderts in die Alfonsinischen Tafeln übergegangen, wahrscheinlich durch den überwiegenden Einfluß des jüdischen Astronomen Isaak Aben Sid Hassan, Vorstehers der reichen Synagoge zu Toledo. Gedruckt erschienen die Alfonsinischen Tafeln erst 1483, und zwar zu Venedig.

Die erste Angabe eines wundersamen Aggregates von zahllosen wirklichen Nebelflecken, mit Sternschwärmen vermischt, finden wir bei einem arabischen Astronomen aus der Mitte des 10. Jahrhunderts, bei Abdurrahman Sufi aus dem persischen Irak. Der weiße Ochse, den er tief unter Canopus in milchigem Lichte glänzen sah, war zweifelsohne die große Magelhaenssche Wolke, welche bei einer scheinbaren Breite von fast 12 Monddurchmessern einen Himmelsraum von 42 Quadratgraden bedeckt, und deren europäische Reisende erst im Anfang des 16. Jahrhunderts Erwähnung thun, wenngleich schon zweihundert Jahre früher Normänner an der Westküste von Afrika bis Sierra Leone (8½° nördl. Br.) gelangt waren.[2] Eine Nebelmasse von so großem Umfange, dem unbewaffneten Auge vollkommen sichtbar, hätte doch früher die Aufmerksamkeit auf sich ziehen sollen.

Der erste isolierte Nebelfleck, welcher als völlig sternlos und als ein Gegenstand eigener Art durch ein Fernrohr erkannt und beachtet wurde, war der, ebenfalls dem bloßen Auge sichtbare Nebelfleck bei ν der Andromeda. Simon Marius (Mayer aus Gunzenhausen in Franken), früher Musiker, dann Hofmathematikus eines Markgrafen von Kulm-

bach, derselbe, welcher die Jupiterstrabanten neun Tage[3] früher als Galilei gesehen, hat auch das Verdienst, die erste und zwar eine sehr genaue Beschreibung eines Nebelfleckes gegeben zu haben. In der Vorrede seines Mundus Jovialis erzählt er, daß „am 15. Dezember 1612 er einen Fixstern aufgefunden habe von einem Ansehen, wie ihm nie einer vorgekommen sei. Er stehe nahe bei dem 3. und nördlichen Sterne im Gürtel der Andromeda; mit unbewaffnetem Auge gesehen, schiene er ihm ein bloßes Wölkchen, in dem Fernrohr finde er aber gar nichts Sternartiges darin, wodurch sich diese Erscheinung von den Nebelsternen des Krebses und anderen nebligen Haufen unterscheide. Man erkenne nur einen weißlichen Schein, der heller im Centrum, schwächer gegen die Ränder hin sei. Bei einer Breite von ¼ Grad gleiche das Ganze einem in großer Ferne gesehenen Lichte, das (in einer Laterne) durch (halb durchsichtige) Scheiben von Horn gesehen werde (similis fere splendor apparet, si a longinquo candela ardens per cornu pellucidum de noctu cernatur)." Simon Marius fragt sich, ob dieser sonderbare Stern ein neu entstandener sei? Er will nicht entscheiden, findet es aber recht auffallend, daß Tycho, welcher alle Sterne des Gürtels der Andromeda aufgezählt habe, nichts von dieser Nebulosa gesagt. In dem Mundus Jovialis, der erst 1614 erschien, ist also (wie ich schon an einem anderen Orte bemerkt habe) der Unterschied zwischen einem für die damaligen teleskopischen Kräfte unauflöslichen Nebelfleck und einem Sternhaufen (engl. cluster, franz. amas d'étoiles) ausgesprochen, welchem die gegenseitige Annäherung vieler, dem bloßen Auge unsichtbarer, kleiner Sterne einen Nebelschein gibt. Trotz der großen Vervollkommnung optischer Werkzeuge ist fast drittehalb Jahrhunderte lang der Nebel der Andromeda wie bei seiner Entdeckung, für vollkommen sternenleer gehalten worden, bis vor zwei Jahren jenseits des Atlantischen Ozeans von George Bond zu Cambridge (V. St.) 1500 kleine Sterne within the limits of the nebula erkannt worden sind. Ich habe, trotz des unaufgelösten Kerns, nicht angestanden, ihn unter den Sternhaufen aufzuführen.

Es ist wohl nur einem sonderbaren Zufall zuzuschreiben, daß Galilei, der sich schon vor 1610, als der Sydereus Nuntius erschien, mehrfach mit der Konstellation des Orion beschäftigte, später in seinem Saggiatore, da er längst die Entdeckung des sternlosen Nebels in der Andromeda aus dem

Mundus Jovialis kennen konnte, keines anderen Nebels am Firmamente gedenkt als solcher, welche sich selbst in seinen schwachen optischen Instrumenten in Sternhaufen auflösten. Was er Nebulose del Orione et del Presepe nennt, sind ihm nichts als „Anhäufungen (coacervazioni) zahlloser kleiner Sterne“.[4] Er bildet ab nacheinander unter den täuschenden Namen Nebulosae Capitis, Cinguli et Ensis Orionis Sternhaufen, in denen er sich freut, in einem Raum von 1 oder 2 Graden 400 bisher unaufgezählte Sterne aufgefunden zu haben. Von unaufgelöstem Nebel ist bei ihm nie die Rede. Wie hat der große Nebelfleck im Schwerte seiner Aufmerksamkeit entgehen, wie dieselbe nicht fesseln können? Aber wenn auch der geistreiche Forscher wahrscheinlich nie den unförmlichen Orionsnebel oder die rundliche Scheibe eines sogenannten unauflöslichen Nebels gesehen hat, so waren doch seine allgemeinen Betrachtungen[5] über die innere Natur der Nebelflecke denen sehr ähnlich, zu welchen gegenwärtig der größere Teil der Astronomen geneigt ist. So wenig als Galilei, hat auch Hevel in Danzig, ein ausgezeichneter, aber dem teleskopischen Sehen beim Katalogisieren der Sterne wenig holder[6] Beobachter, des großen Orionsnebels in seinen Schriften erwähnt. Sein Sternverzeichnis enthält überhaupt kaum 16 in Position bestimmte Nebelflecke.

Endlich im Jahre 1656 entdeckte Huygens den durch Ausdehnung, Gestalt, die Zahl und die Berühmtheit seiner späteren Erforscher so wichtig gewordenen Nebelfleck im Schwert des Orion, und veranlaßte Picard, sich fleißig (1676) mit demselben zu beschäftigen. Die ersten Nebelflecke der in Europa nicht sichtbaren Regionen des südlichen Himmels bestimmte, aber in überaus geringer Zahl, bei seinem Aufenthalte auf St. Helena (1677) Edmund Halley. Die lebhafte Vorliebe, welche der große Cassini (Johann Dominikus) für alle Teile der beschauenden Astronomie hatte, leitete ihn gegen das Ende des 17. Jahrhunderts auf die sorgfältigere Erforschung der Nebel der Andromeda und des Orion. Er glaubte seit Huygens Veränderungen in dem letzteren, „ja Sterne in dem ersteren erkannt zu haben, die man nicht mit schwachen Fernröhren sieht“. Man hat Gründe, die Behauptung der Gestaltveränderung für eine Täuschung zu halten, nicht ganz die Existenz von Sternen in dem Nebel der Andromeda seit den merkwürdigen Beobachtungen von George Bond. Cassini ahnete dazu aus theoretischen Gründen eine solche Auf-

lösung, da er, in direktem Widerspruch mit Halley und Derham, alle Nebelflecke für sehr ferne Sternschwärme hielt.[7] Der matte, milde Lichtschimmer in der Andromeda, meint er, sei allerdings dem des Zodiakallichtes analog, aber auch dieses sei aus einer Unzahl dicht zusammengedrängter kleiner planetischer Körper zusammengesetzt. Lacailles Aufenthalt in der südlichen Hemisphäre (am Vorgebirge der guten Hoffnung, auf Ile de France und Bourbon, 1750 bis 1752) vermehrte so ansehnlich die Zahl der Nebelflecke, daß Struve mit Recht bemerkt, man habe durch dieses Reisenden Bemühungen damals mehr von der Nebelwelt des südlichen Firmaments als von der in Europa sichtbaren gewußt. Lacaille hat übrigens mit Glück versucht, die Nebelflecke nach ihrer scheinbaren Gestaltung in Klassen zu verteilen; auch unternahm er zuerst, doch mit wenigem Erfolge, die schwierige Analyse des so heterogenen Inhalts der beiden Magelhaensschen Wolken (Nubecula major et minor). Wenn man von den anderen 42 isolierten Nebelflecken, welche Lacaille an dem südlichen Himmel beobachtete, 14 vollkommen, und selbst mit schwacher Vergrößerung, zu wahren Sternhaufen aufgelöste abzieht, so bleibt nur die Zahl von 28 übrig, während, mit mächtigeren Instrumenten wie mit größerer Uebung und Beobachtungsgabe ausgerüstet, es Sir John Herschel glückte, unter derselben Zone, die Clusters ebenfalls ungerechnet, an 1500 Nebelflecke zu entdecken.

Entblößt von eigener Anschauung und Erfahrung, phantasierten, nach sehr ähnlichen Richtungen hinstrebend, ohne ursprünglich[8] voneinander zu wissen, Lambert (seit 1749), Kant (seit 1755) mit bewundernswürdigem Scharfsinn über Nebelflecke, abgesonderte Milchstraßen und sporadische, in den Himmelsräumen vereinzelte Nebel- und Sterninseln. Beide waren der Dunsttheorie (nebular hypothesis) und einer perpetuierlichen Fortbildung in den Himmelsräumen, ja den Ideen der Sternerzeugung aus kosmischem Nebel zugethan. Der vielgereiste le Gentil (1760 bis 1769) belebte lange vor seinen Reisen und den verfehlten Venusdurchgängen das Studium der Nebelflecke durch eigene Beobachtung über die Konstellationen der Andromeda, des Schützen und des Orion. Er bediente sich eines der im Besitze der Pariser Sternwarte befindlichen Objekte von Campani, welches 34 Fuß Fokallänge hat. Ganz den Ideen von Halley und Lacaille, Kant und Lambert widerstrebend, erklärte der geistreiche John Michel wieder (wie Galilei und Dominikus Cassini) alle Nebel für

Sternhaufen, Aggregate von sehr kleinen oder sehr fernen teleskopischen Sternen, deren Dasein bei Vervollkommnung der Instrumente gewiß einst würde erwiesen werden.[9] Einen reichen Zuwachs, verglichen mit den langsamen Fortschritten, welche wir bisher geschildert, erhielt die Kenntnis der Nebelflecke durch den beharrlichen Fleiß von Messier. Sein Katalogus von 1771 enthielt, wenn man die älteren, von Lacaille und Méchain entdeckten Nebel abzieht, 66 bis dahin ungesehene. Es gelang seiner Anstrengung, auf dem ärmlich ausgerüsteten Observatoire de la Marine (Hôtel de Clugny) die Zahl der damals in beiden Hemisphären aufgezählten Nebelflecke zu verdoppeln.[10]

Auf diese schwachen Anfänge folgte die glänzende Epoche der Entdeckungen von William Herschel und seinem Sohne. Der erstere begann schon 1779 eine regelmäßige Musterung des nebelreichen Himmels durch einen 7füßigen Reflektor. Im Jahre 1787 war sein 40füßiges Riesenteleskop vollendet, und in drei Katalogen, welche 1786, 1789 und 1801 erschienen, lieferte er die Positionen von 2500 Nebeln und Sternhaufen. Bis 1785, ja fast bis 1791, scheint der große Beobachter mehr geneigt gewesen zu sein, wie Michel, Cassini, und jetzt Lord Rosse, die ihm unauflöslichen Nebelflecke für sehr entfernt liegende Sternhaufen zu halten; aber eine längere Beschäftigung mit dem Gegenstande zwischen 1799 und 1802 leitete ihn, wie einst Halley und Lacaille, auf die Dunsttheorie, ja, wie Tycho und Kepler, auf die Theorie der Sternbildung durch allmähliche Verdichtung des kosmischen Nebels. Beide Ansichten sind indes nicht notwendig[11] miteinander verbunden. Die von Sir William Herschel beobachteten Nebel und Sternhaufen hat sein Sohn, Sir John, von 1825 bis 1833 einer neuen Musterung unterworfen; er hat die älteren Verzeichnisse durch 500 neue Gegenstände bereichert, und in den Philosophical Transactions for 1833 (p. 365 bis 481) einen vollständigen Katalogus von 2307 Nebulae and Clusters of stars veröffentlicht. Diese große Arbeit enthält alles, was in dem mittleren Europa am Himmel aufgefunden war, und schon in den unmittelbar folgenden 5 Jahren (1834 bis 1838) sehen wir Sir John Herschel am Vorgebirge der guten Hoffnung, mit einem 20füßigen Reflektor ausgerüstet, den ganzen dort sichtbaren Himmel durchforschen, und zu jenen 2307 Nebeln und Sternhaufen ein Verzeichnis von 1708 Positionen hinzufügen![12] Von Dunlops Katalogus süd-

licher Nebel und Sternhaufen (629 an der Zahl, zu Paramatta beobachtet durch einen 9füßigen, mit einem Spiegel von 9 Zoll Durchmesser versehenen Reflektor von 1825 bis 1827) ist nur ⅓ in Sir John Herschels Arbeit übergegangen.

Eine dritte große Epoche in der Kenntnis jener rätselhaften Weltkörper hat mit der Konstruktion des bewundernswürdigen 50füßigen Teleskopes des Earl of Rosse zu Parsonstown begonnen. Alles, was, in dem langen Schwanken der Meinungen, auf den verschiedenen Entwickelungsstufen kosmischer Anschauung zur Sprache gekommen war, wurde nun in dem Streit über die Nebelhypothese und die behauptete Notwendigkeit, sie gänzlich aufzugeben, der Gegenstand lebhafter Diskussionen. Aus den Berichten ausgezeichneter und mit den Nebelflecken lange vertrauter Astronomen, die ich habe sammeln können, erhellt, daß von einer großen Zahl der aus dem Katalogus von 1833 wie zufällig unter allen Klassen ausgewählten, für unauflöslich gehaltenen Objekte fast alle (der Direktor der Sternwarte von Armagh, Dr. Robinson, gibt deren über 40 an) vollständig aufgelöst wurden.[13] Auf gleiche Weise drückt sich Sir John Herschel, sowohl in der Eröffnungsrede der Versammlung der British Association zu Cambridge 1845 als in den Outlines of Astronomy 1849, aus. „Der Reflektor von Lord Rosse," sagt er, „hat aufgelöst oder als auflösbar gezeigt eine beträchtliche Anzahl (multitudes) von Nebeln, welche der raumdurchdringenden Kraft der schwächeren optischen Instrumente widerstanden hatten. Wenn es gleich Nebelflecke gibt, welche jenes mächtige Teleskop von sechs englischen Fußen Oeffnung nur als Nebel, ohne alle Anzeige der Auflösung, darstellt, so kann man doch nach Schlüssen, die auf Analogieen gegründet sind, vermuten, daß in der Wirklichkeit kein Unterschied zwischen Nebeln und Sternhaufen vorhanden sei."[14]

Der Urheber des mächtigen optischen Apparates von Parsonstown, stets das Resultat wirklicher Beobachtungen von dem trennend, zu dem nur gegründete Hoffnung vorhanden ist, drückt sich selbst mit großer Vorsicht über den Orionsnebel in einem Briefe an Professor Nichol zu Glasgow[15] aus (19. März 1846). „Nach unserer Untersuchung des berühmten Nebelfleckes," sagt er, „kann ich mit Gewißheit aussprechen, daß, wenn anders irgend einer, nur ein geringer Zweifel über die Auflösbarkeit bleibt. Wir konnten wegen der Luftbeschaffenheit nur die Hälfte der Vergrößerung

anwenden, welche der Spiegel zu ertragen imstande ist, und doch sahen wir, daß alles um das Trapezium umher eine Masse von Sternen bildet. Der übrige Teil des Nebels ist ebenfalls reich an Sternen und trägt ganz den Charakter der Auflösbarkeit." Auch später noch (1848) soll Lord Rosse nie eine schon erlangte völlige Auflösung des Orionsnebels, sondern immer nur die nahe Hoffnung dazu, die gegründete Wahrscheinlichkeit, den noch übrigen Nebel in Sterne aufzulösen, verkündet haben.

Wenn man trennt, in der neuerlich so lebhaft angeregten Frage über die Nichtexistenz einer selbstleuchtenden, dunstförmigen Materie im Weltall, was der Beobachtung und was induktiven Schlußformen angehört, so lehrt eine sehr einfache Betrachtung, daß durch wachsende Vervollkommnung der teleskopischen Sehkraft allerdings die Zahl der Nebel beträchtlich vermindert, aber keineswegs durch diese Verminderung erschöpft werden könne. Unter Anwendung von Fernröhren wachsender Stärke wird jedes nachfolgende auflösen, was das vorhergehende unaufgelöst gelassen hat, zugleich aber auch wenigstens teilweise, wegen seiner zunehmenden, raumdurchdringenden Kraft, die aufgelösten Nebel durch neue, vorher unerreichte, ersetzen. Auflösung des Alten und Entdeckung des Neuen, welches wieder eine Zunahme von optischer Stärke erheischt, würden demnach in endloser Reihe aufeinander folgen. Sollte dem nicht so sein, so muß man sich nach meinem Bedünken entweder den gefüllten Weltraum begrenzt, oder die W e l t i n s e l n, zu deren einer wir gehören, dermaßen voneinander entfernt denken, daß keines der noch zu erfindenden Fernröhren zu dem gegenüberliegenden U f e r hinüberreicht, und daß unsere letzten (äußersten) Nebel sich in Sternhaufen auflösen, welche sich wie Sterne der Milchstraße „auf schwarzen, ganz dunstfreien Grund projizieren". Ist aber wohl ein solcher Zustand des Weltbaues und zugleich der Vervollkommnung optischer Werkzeuge wahrscheinlich, bei dem am ganzen Firmament kein unaufgelöster Nebelfleck mehr aufzufinden wäre?

Die hypothetische Annahme eines selbstleuchtenden Fluidums, das, scharf begrenzt, in runden oder ovalen Nebelflecken auftritt, muß nicht verwechselt werden mit der ebenfalls hypothetischen Annahme eines nicht leuchtenden, den Weltraum füllenden, durch seine Wellenbewegung Licht strahlende Wärme und Elektromagnetismus erzeugenden Aethers. Die

Ausströmungen der Kometenkerne, als Schweife oft ungeheure Räume einnehmend, verstreuen ihren uns unbekannten Stoff zwischen die Planetenbahnen des Sonnensystems, welche sie durchschneiden. Getrennt von dem leitenden Kerne, hört aber der Stoff, auf uns bemerkbar zu leuchten. Schon Newton hielt für möglich, daß „vapores ex Sole et Stellis fixis et Caudis Cometarum“ sich der Erdatmosphäre beimischen könnten. In dem dunstartigen, kreisenden, abgeplatteten Ringe des Zodiakalscheines hat noch kein Fernrohr etwas Sternartiges entdeckt. Ob die Teilchen, aus welchen dieser Ring besteht und welche nach dynamischen Bedingungen von einigen als um sich selbst rotierend, von anderen als bloß um die Sonne kreisend gedacht werden, erleuchtet oder, wie mancher irdische Nebel, selbstleuchtend sind, bleibt unentschieden. Dominikus Cassini glaubte, daß sie kleine planetenartige Körper seien. Es ist wie ein Bedürfnis des sinnlichen Menschen, in allem Flüssigen diskrete Molekularteile zu suchen, gleich den vollen oder hohlen Wolkenbläschen; und die Gradationen der Dichtigkeitsabnahme in unserem Planetensysteme von Merkur bis Saturn und Neptun (von 1,12 bis 0,14, die Erde = 1 gesetzt) führen zu den Kometen, durch deren äußere Kernschichten noch ein schwacher Stern sichtbar wird, ja sie führen allmählich zu diskreten, aber so undichten Teilen, daß ihre Starrheit in großen oder kleinen Dimensionen fast nur durch Begrenztheit charakterisiert werden könnte. Es sind gerade solche Betrachtungen über die Beschaffenheit des scheinbar dunstförmigen Tierkreislichtes, welche Cassini lange vor Entdeckung der sogenannten kleinen Planeten zwischen Mars und Jupiter und vor den Mutmaßungen über Meteorasteroiden auf die Idee geleitet hatten, daß es Weltkörper von allen Dimensionen und allen Arten der Dichtigkeit gebe. Wir berühren hier fast unwillkürlich den alten naturphilosophischen Streit über das primitiv Flüssige und das aus diskreten Molekularteilen Zusammengesetzte, was freilich deshalb der mathematischen Behandlung zugänglicher ist. Um so schneller kehren wir zu dem rein Objektiven der Erscheinung zurück.

In der Zahl von 3926 (2451 + 1475) Positionen, welche zugehören: a) dem Teil des Firmaments, welcher in Slough sichtbar ist und welchen wir hier der Kürze wegen den nördlichen Himmel nennen wollen (nach drei Verzeichnissen von Sir William Herschel von 1786 bis 1802) und der oben erwähnten großen Musterung des Sohnes (in den Philos.

Transact. von 1833), und b) dem Teile des südlichen Himmels, welcher am Vorgebirge der guten Hoffnung sichtbar ist, nach den afrikanischen Katalogen von Sir John Herschel, finden sich Nebelflecke und Sternhaufen (Nebulae and Clusters of stars) untereinander gemengt. So innig auch diese Gegenstände ihrer Natur nach miteinander verwandt sein mögen, habe ich sie doch, um einen bestimmten Zeitpunkt des schon Erkannten zu bezeichnen, in der Aufzählung voneinander gesondert. Ich finde [16] in dem nördlichen Katalog der Nebelflecke 2299, der Sternhaufen 152; im südlichen oder Kapkatalog der Nebelflecke 1239, der Sternhaufen 236. Es ergibt sich demnach für die Nebelflecke, welche in jenen Verzeichnissen als noch nicht in Sternhaufen aufgelöst angegeben werden, am ganzen Firmament die Zahl von 3538. Es kann dieselbe wohl bis 4000 vermehrt werden, wenn man in Betrachtung zieht 300 bis 400 von Herschel dem Vater gesehene [17] und nicht wieder bestimmte, wie die von Dunlop in Paramatta mit einem 9zölligen Newtonschen Reflektor beobachteten 629, von denen Sir John Herschel nur 206 seinem Verzeichnis angeeignet hat. Ein ähnliches Resultat haben neuerlichst auch Bond und Mädler veröffentlicht. Die Zahl der Nebelflecke scheint sich also zu der der Doppelsterne in dem jetzigen Zustande der Wissenschaft ungefähr wie 2:3 zu verhalten; aber man darf nicht vergessen, daß unter der Benennung von Doppelsternen die bloß optischen mitbegriffen sind, und daß man bisher nur erst in dem neunten, vielleicht gar nur im achten Teile Positionsveränderungen erkannt hat.

Die oben gefundenen Zahlen: 2299 Nebelflecke neben 152 Sternhaufen in dem nördlichen, und nur 1239 Nebelflecke neben 236 Sternhaufen in dem südlichen Verzeichnisse, zeigen, bei der geringeren Anzahl von Nebelflecken in der südlichen Hemisphäre, dort ein Uebergewicht von Sternhaufen. Nimmt man an, daß alle Nebelflecke ihrer wahrscheinlichen Beschaffenheit nach auflösbar, nur fernere Sternhaufen, oder aus kleineren und weniger gedrängten, selbstleuchtenden Himmelskörpern zusammengesetzte Sterngruppen sind, so bezeichnet dieser scheinbare Kontrast, auf dessen Wichtigkeit schon Sir John Herschel um so mehr aufmerksam gemacht hat, als von ihm in beiden Hemisphären Reflektoren von gleicher Stärke angewandt worden sind, auf das wenigste

eine auffallende Verschiedenheit in der Natur und Weltstellung der Nebel; d. h. in Hinsicht der Richtungen, nach denen hin sie sich den Erdbewohnern am nördlichen oder südlichen Firmamente darbieten.

Dem ebengenannten großen Beobachter verdanken wir auch die erste genaue Kenntnis und kosmische Uebersicht von der Verteilung der Nebel und Sterngruppen an der ganzen Himmelsdecke. Er hat, um ihre Lage, ihre relative lokale Anhäufung, die Wahrscheinlichkeit oder Unwahrscheinlichkeit ihrer Folge nach gewissen Gruppierungen und Zügen zu ergründen, viertehalbtausend Gegenstände graphisch in Fächer eingetragen, deren Seiten in der Deklination 3°, in der Rektaszension 15′ messen. Die größte Anhäufung von Nebelflecken des ganzen Firmamentes findet sich in der nördlichen Hemisphäre. Es ist dieselbe verbreitet durch die beiden Löwen, den Körper, den Schweif und die Hinterfüße des großen Bären, die Nase der Giraffe, den Schwanz des Drachen, die beiden Jagdhunde, das Haupthaar der Berenice (wo der Nordpol der Milchstraße liegt), den rechten Fuß des Bootes und vor allem das Haupt, die Flügel und die Schulter der Jungfrau. Diese Zone, welche man die Nebelregion der Jungfrau genannt hat, enthält, wie wir schon oben erwähnt haben, in einem Raume,[18] welcher den achten Teil der Oberfläche der ganzen Himmelssphäre ausfüllt, $^1/_3$ von der gesamten Nebelwelt. Sie überschreitet wenig den Aequator; nur von dem südlichen Flügel der Jungfrau dehnt sie sich aus bis zur Extremität der großen Wasserschlange und zum Kopf des Centauren, ohne dessen Füße und das südliche Kreuz zu erreichen. Eine geringere Anhäufung von Nebeln an dem nördlichen Himmel ist die, welche sich weiter als die vorige in die südliche Hemisphäre erstreckt. Sir John Herschel nennt sie die Nebelregion der Fische. Sie bildet eine Zone, von der Andromeda, die sie fast ganz erfüllt, gegen Brust und Flügel des Pegasus, gegen das Band, welches die Fische verbindet, den südlichen Pol der Milchstraße und Fomalhaut hin. Einen auffallenden Kontrast mit diesen Anhäufungen macht der öde, nebelarme Raum um Perseus, Widder, Stier, Kopf und oberen Leib des Orion, um Fuhrmann, Herkules, Adler und das ganze Sternbild der Leier. Wenn man aus der in dem Werke über die Kapbeobachtungen mitgeteilten Uebersicht aller Nebelflecke und Sternhaufen des nördlichen Katalogs (von Slough), nach einzelnen Stunden

der Rektaszension verteilt, 6 Gruppen von je 4 Stunden zusammenzieht, so erhält man:

RA.	0^h bis 4^h	. . . .	311
	4 „ 8	. . . .	179
	8 „ 12	. . . .	606
	12 „ 16	. . . .	850
	16 „ 20	. . . .	121
	20 „ 0	. . . .	239.

In der sorgfältigeren Scheidung nach nördlicher und südlicher Deklination findet man, daß in den 6 Stunden Rektaszension von 9^h bis 15^h in der nördlichen Hemisphäre allein 1111 Nebelflecke und Sternhaufen zusammengehäuft sind,[19] nämlich:

von	9^h bis 10^h	. . . .	90
	10 „ 11	. . . .	150
	11 „ 12	. . . .	251
	12 „ 13	. . . .	309
	13 „ 14	. . . .	181
	14 „ 15	. . . .	130.

Das eigentliche nördliche Maximum liegt also zwischen 12^h und 13^h, dem nördlichen Pole der Milchstraße sehr nahe. Weiterhin zwischen 15^h und 16^h gegen den Herkules zu ist die Verminderung so plötzlich, daß auf die Zahl 130 unmittelbar 40 folgt.

In der südlichen Hemisphäre ist nicht bloß eine geringere Anzahl von Nebelflecken, sondern auch eine weit gleichförmigere Verteilung erkannt worden. Nebelleere Räume wechseln dort häufig mit sporadischen Nebeln; eine eigentliche lokale Anhäufung, und zwar eine noch gedrängtere als in der Nebelregion der Jungfrau am nördlichen Himmel, findet man nur in der großen Magelhaensschen Wolke, welche allein an 300 Nebelflecke enthält. Die Gegend zunächst den Polen ist in beiden Hemisphären nebelarm, und bis 15° Polardistanz ist sie um den südlichen Pol im Verhältnis von 7:4 noch ärmer als um den nördlichen Pol. Der jetzige Nordpol hat einen kleinen Nebelfleck, welcher nur 5 Minuten von ihm entfernt liegt; ein ähnlicher, den Sir John Herschel mit Recht „Nebula Polarissima Australis“ nennt (Nr. 3176 seines Kapkatalogs, RA. 9^h 27′ 56″, N.P.D. 179° 34′ 14″), steht noch 25 Minuten vom Südpole ab. Diese Sternödigkeit des Südpols, der Mangel eines dem unbewaffneten Auge sichtbaren Polarsternes, war schon der Gegenstand bitterer Klagen von Amerigo Vespucci und Vicente Yañez Pinzon, als sie

am Ende des 15. Jahrhunderts weit über den Aequator bis zum Vorgebirge San Augustin vordrangen, und als der erstere sogar die irrige Meinung aussprach, daß die schöne Stelle des Dante: „Io mi volsi a man destra e posi mente . . .“, wie die vier Sterne „non viste mai fuor ch'alla prima gente“, sich auf antarktische Polarsterne bezögen.[20]

Wir haben bisher die Nebel in Hinsicht auf ihre Zahl und ihre Verteilung an der Himmelsdecke, an dem, was wir das Firmament nennen, betrachtet; eine scheinbare Verteilung, welche man nicht mit der wirklichen in den Welträumen verwechseln muß. Von dieser Untersuchung gehen wir nun zu der wundersamen Verschiedenheit ihrer individuellen Gestaltung über. Diese ist bald regelmäßig (kugelförmig, elliptisch in verschiedenen Graden, ringförmig, planetarisch, oder gleich einer Photosphäre einen Stern umgebend), bald unregelmäßig und so schwer zu klassifizieren wie die geballten Wassernebel unseres Luftkreises, die Wolken. Als Normalgestalt der Nebelflecke am Firmament wird die elliptische (sphäroidische) genannt, die, bei derselben Stärke des Fernrohrs, wenn sie in die kugelförmige übergeht, sich am leichtesten in einen Sternhaufen verwandelt; wenn sie dagegen sehr abgeplattet nach einer Dimension verlängert und scheibenförmig erscheint, um so schwerer[21] auflöslich wird. Allmähliche Uebergänge der Gestalten vom Runden zum länglich Elliptischen und Pfriemförmigen (Philos. Transact. 1833, p. 494, Pl. IX, fig. 19 bis 24) sind mehrfach am Himmel aufzufinden. Die Verdichtung des milchigen Nebels ist stets gegen ein Centrum, bisweilen selbst nach mehreren Centralpunkten (Kernen) zugleich gerichtet. Nur in der Abteilung der runden oder ovalen Nebel kennt man Doppelnebel, bei denen, da keine relative Bewegung unter den Individuen bemerkbar wird (weil sie fehlt oder außerordentlich langsam ist), das Kriterium mangelt, durch welches eine gegenseitige Beziehung zu einander erwiesen werden kann, wie bei Sonderung der physischen von den bloß optischen Doppelsternen. (Abbildungen von Doppelnebeln findet man in den Philos. Transact. for the year 1833, fig. 68 bis 71. Vergl. auch Herschel, Outlines of Astr. § 878, Observ. at the Cape of Good Hope § 120).

Ringförmige Nebel gehören zu den seltensten Erscheinungen. Man kennt deren in der nördlichen Hemisphäre

jetzt nach Lord Rosse sieben. Der berühmteste der Nebelringe liegt zwischen β und γ Lyrae (Nr. 57 Messier, Nr. 3023 des Katalogs von Sir John Herschel), und ist 1779 von Darquier in Toulouse entdeckt, als der von Bode aufgefundene Komet in seine Nähe kam. Er ist fast von der scheinbaren Größe der Jupitersscheibe, und elliptisch im Verhältnis seiner Durchmesser wie 4:5. Das Innere des Ringes ist keineswegs schwarz, sondern etwas erleuchtet. Schon Sir William Herschel hatte einige Sterne im Ringe erkannt, Lord Rosse und Bond haben ihn ganz aufgelöst. Vollkommen schwarz in der Höhlung des Ringes sind dagegen die schönen Nebelringe der südlichen Hemisphäre Nr. 3680 und 3686. Der letztere ist dazu nicht elliptisch, sondern vollkommen rund; alle sind wahrscheinlich ringförmige Sternhaufen. Mit der zunehmenden Mächtigkeit optischer Mittel erscheinen übrigens im allgemeinen sowohl elliptische als ringförmige Nebelflecke in ihren Umrissen weniger abgeschlossen. In dem Riesenfernrohr des Lord Rosse zeigt sich sogar der Ring der Leier wie eine einfache Ellipse mit sonderbar divergierenden, fadenförmigen Nebelansätzen. Besonders auffallend ist die Umformung eines für schwächere Fernröhren einfach elliptischen Nebelfleckes in Lord Rosses Krebsnebel (Crab-Nebula).

Weniger selten als Ringnebel, aber doch nach Sir John Herschel nur 25 an Zahl, von denen fast 3/4 in der südlichen Hemisphäre liegen, sind die sogenannten planetarischen Nebelflecke, welche zuerst Herschel der Vater entdeckt hat und welche zu den wundersamsten Erscheinungen des Himmels gehören. Sie haben die auffallendste Aehnlichkeit mit Planetenscheiben. Der größere Teil ist rund oder etwas oval, bald scharf begrenzt, bald verwaschen und dunstig an den Rändern. Die Scheiben vieler haben ein sehr gleichförmiges Licht, andere sind wie gesprenkelt oder schwach gefleckt (mottled or of a peculiar texture, as if curdled). Man sieht nie Spuren einer Verdichtung gegen das Centrum. Fünf planetarische Nebelflecke hat Lord Rosse als Ringnebel erkannt, mit 1 oder 2 Centralsternen. Der größte planetarische Nebelfleck liegt im großen Bären (unfern β Ursae maj.), und wurde von Méchain 1781 entdeckt. Der Durchmesser der Scheibe [22] ist 2′ 40″. Der planetarische Nebel im südlichen Kreuz (Nr. 3365, Kapreise p. 100) hat bei einer Scheibe von kaum 12″ Durchmesser doch die Helligkeit eines Sterns 6 . 7. Größe. Sein Licht ist indigoblau, und eine solche bei Nebelflecken merk-

würdige Färbung findet sich auch bei drei anderen Gegenständen derselben Form, in denen jedoch das Blau eine geringere Intensität hat.[23] Die blaue Färbung einiger planetarischen Nebel spricht gar nicht gegen die Möglichkeit, daß sie aus kleinen Sternen zusammengesetzt seien; denn wir kennen blaue Sterne nicht bloß in beiden Teilen eines Doppelsternpaares, sondern auch ganz blaue Sternhaufen, oder solche, die mit roten und gelben Sternchen vermischt sind.[24]

Die Frage, ob die planetarischen Nebelflecke sehr ferne Nebelsterne sind, in denen der Unterschied zwischen einem erleuchtenden Centralsterne und der ihn umgebenden Dunsthülle für unser teleskopisches Sehen verschwindet, habe ich schon in dem Anfange des Naturgemäldes berührt. Möchte durch Lord Rosses Riesenteleskop doch endlich die Natur so wunderbarer planetarischer Dunstscheiben erforscht werden! Wenn es schon so schwierig ist, sich von den verwickelten d y n a m i s c h e n B e d i n g u n g e n einen klaren Begriff zu machen, unter denen in einem kugelrunden oder sphäroidisch abgeplatteten Sternhaufen die rotierenden, zusammengedrängten und gegen das Centrum hin spezifisch dichteren Sonnen (Fixsterne) ein System des Gleichgewichtes bilden,[25] so nimmt diese Schwierigkeit noch mehr in denjenigen kreisrunden, wohlumgrenzten, planetarischen Nebelscheiben zu, welche eine ganz gleichförmige, im Centrum gar nicht verstärkte Helligkeit zeigen. Ein solcher Zustand ist mit der Kugelform (mit dem Aggregatzustande vieler tausend Sternchen) weniger als mit der Idee einer gasförmigen Photosphäre zu vereinigen, die man in unserer Sonne mit einer dünnen, undurchsichtigen, oder doch sehr schwach erleuchteten Dunstschicht bedeckt glaubt. Scheint das Licht in der planetarischen Nebelscheibe nur darum so gleichförmig verbreitet, weil wegen großer Ferne der Unterschied zwischen Centrum und Rand verschwindet?

Die vierte und letzte Formgattung der r e g e l m ä ß i g e n Nebel sind William Herschels N e b e l s t e r n e (Nebulous Stars), d. i. wirkliche Sterne mit einem milchigen Nebel umgeben, welcher sehr wahrscheinlich in Beziehung zu dem Centralsterne steht und von diesem abhängt. Ob der Nebel, welcher nach Lord Rosse und Mr. Stoney bei einigen ganz ringförmig erscheint (P h i l o s. T r a n s a c t. for 1850, Pl. XXXVIII, fig. 15 und 16), selbstleuchtend ist und eine Photosphäre wie bei unserer Sonne bildet, ob er (was wohl weniger wahrscheinlich) von der Centralsonne bloß erleuchtet wird, darüber herrschen

sehr verschiedenartige Meinungen. Derham und gewissermaßen auch Lacaille, welcher am Vorgebirge der guten Hoffnung viele Nebelsterne aufgefunden, glaubten, daß die Sterne weit vor den Nebeln stünden und sich auf diese projizierten. Marian scheint zuerst (1731) die Ansicht ausgesprochen zu haben, daß die Nebelsterne von einer Lichtatmosphäre umgeben seien, die ihnen angehöre. Man findet selbst größere Sterne (z. B. 7. Größe, wie in Nr. 675 des Kat. von 1833), deren Photosphäre einen Durchmesser von 2 bis 3 Minuten hat.[26]

Eine Klasse von Nebelflecken, welche von der bisher beschriebenen, sogenannten regelmäßigen und immer wenigstens schwach begrenzten gänzlich abweicht, sind die großen Nebelmassen von unregelmäßiger Gestaltung. Sie zeichnen sich durch die verschiedenartigsten unsymmetrischen Formen mit unbestimmten Umrissen und verwaschenen Rändern aus. Es sind rätselhafte Naturerscheinungen sui generis, die hauptsächlich zu den Meinungen von der Existenz kosmischen Gewölkes und selbstleuchtender Nebel, welche in den Himmelsräumen zerstreut und dem Substratum des Tierkreislichtes ähnlich seien, Anlaß gegeben haben. Einen auffallenden Kontrast bieten solche irreguläre Nebel dar, die mehrere Quadratgrade des Himmelsgewölbes bedecken, mit der kleinsten aller regulären, isolierten und ovalen Nebelscheiben, welche die Lichtstärke eines teleskopischen Sternes 14. Größe hat und zwischen dem Altar und dem Paradiesvogel in der südlichen Hemisphäre liegt. Nicht zwei von den unsymmetrischen, diffusen Nebelmassen gleichen einander,[27] aber, setzt nach vieljähriger Beobachtung Sir John Herschel hinzu, „was man in allen erkennt, und was ihnen einen eigentümlichen Charakter gibt, ist, daß alle in oder sehr nahe den Rändern der Milchstraße liegen, ja als Ausläufer von ihr betrachtet werden können". Dagegen sind die regelmäßig gestalteten, meist wohlumgrenzten, kleinen Nebelflecke teils über den ganzen Himmel zerstreut, teils zusammengedrängt fern von der Milchstraße in eigenen Regionen, in der nördlichen Hemisphäre in den Regionen der Jungfrau und der Fische. Sehr entfernt von dem sichtbaren Rande der Milchstraße (volle 15°) liegt allerdings die große irreguläre Nebelmasse im Schwert des Orion, doch aber gehört auch sie vielleicht der Verlängerung des Zweiges der Milchstraße an, welcher von α und ε des Perseus sich gegen Aldebaran und die Hyaden zu verlieren scheint und dessen wir schon oben (Kosmos Bd. III,

S. 130) erwähnt haben. Die schönsten Sterne, welche der Konstellation des Orion ihre alte Berühmtheit gegeben, werden ohnedies zu der Zone sehr großer und wahrscheinlich uns naher Gestirne gerechnet, deren verlängerte Richtung ein durch ε Orionis und α Crucis gelegter größter Kreis in der südlichen Milchstraße bezeichnet.

Eine früher weit verbreitete Meinung von einer Milchstraße der Nebelflecke, welche die Milchstraße der Sterne ungefähr rechtwinkelig schneide, ist durch neuere und genauere Beobachtungen über Verbreitung der symmetrischen Nebelflecke am Himmelsgewölbe keineswegs[28] bestätigt worden. Es gibt allerdings, wie eben erinnert worden ist, sehr große Anhäufungen an dem nördlichen Pole der Milchstraße, auch eine ansehnliche Fülle bei den Fischen am südlichen Pole, aber eine Zone, welche diese beiden Pole miteinander verbände und durch Nebelflecke bezeichnet würde, kann der vielen Unterbrechungen wegen nicht als ein größter Zirkel aufgefunden werden. William Herschel hatte 1784, am Schlusse der ersten Abhandlung über den Bau des Himmels, diese Ansicht auch nur mit der den Zweifel nicht ausschließenden Vorsicht entwickelt, welche eines solchen Forschers würdig war.

Von den unregelmäßigen oder vielmehr unsymmetrischen Nebeln sind einige (im Schwert des Orion, bei η Argûs, im Schützen und im Schwan) merkwürdig durch ihre außerordentliche Größe, andere (Nr. 27 und 51 des Verzeichnisses von Messier) durch ihre besondere Gestalt.

Was den großen Nebelfleck im Schwerte des Orion betrifft, so ist schon früher bemerkt worden, daß Galilei, der sich so viel mit den Sternen zwischen dem Gürtel und dem Schwert des Orion beschäftigt,[29] ja eine Karte dieser Gegend entworfen hat, nie desselben erwähnt. Was er Nebulosa Orionis nennt und neben Nebulosa Praesepe abbildet, erklärt er ausdrücklich für eine Anhäufung kleiner Sterne (stellarum constipatarum) im Kopfe des Orion. In der Zeichnung, die in dem Sidereus Nuncius § 20 von dem Gürtel bis zum Anfang des rechten Schenkels (α Orionis) reicht, erkenne ich über dem Stern ι den vielfachen Stern ϑ. Die Vergrößerungen, welche Galilei anwandte, erhoben sich von der achtmaligen nur zur dreißigmaligen. Da der Nebel im Schwerte nicht isoliert steht, sondern in unvollkommenen Fernröhren oder trüber Luft eine Art Hof um den Stern ϑ bildet, so möchte dem großen Florentiner Beobachter deshalb

seine individuelle Existenz und seine Gestaltung entgangen sein. Es war derselbe ohnedies wenig zur Annahme von Nebeln geneigt. Erst 14 Jahre nach Galileis Tode, im Jahre 1656, entdeckte Huygens den großen Orionnebel; er gab eine rohe Abbildung desselben in dem Systema Saturnium, das 1659 erschien. „Als ich," sagt der große Mann, „durch einen Refraktor von 23 Fuß Fokallänge die veränderlichen Streifen des Jupiter, einen dunkeln Centralgürtel im Mars und einige schwache Phasen des Planeten beobachtete, ist mir in den Fixsternen eine Erscheinung vorgekommen, welche meines Wissens bisher noch von niemand beobachtet worden ist und nur durch solche große Fernröhren genau beobachtet werden kann, als ich anwende. Im Schwert des Orion werden von den Astronomen drei Sterne aufgezählt, die sehr nahe aneinander liegen. Als ich nun zufällig im Jahre 1656 den mittleren dieser Sterne durch mein Fernrohr betrachtete, zeigten sich mir statt eines einzelnen Sternes zwölf, was (bei Fernröhren) allerdings nichts Seltenes ist. Von diesen waren (wieder) drei fast einander berührend und andere vier leuchteten wie durch einen Nebel, so daß der Raum um sie her, gestaltet, wie er in der beigefügten Figur gezeichnet ist, viel heller erschien als der übrige Himmel. Dieser war gerade sehr heiter und zeigte sich ganz schwarz, es war daher die Erscheinung, als gäbe es hier eine Oeffnung (hiatus), eine Unterbrechung. Alles dies sah ich bis auf den heutigen Tag mehrmals und in derselben Gestalt unverändert, also, daß dies Wunderwesen, was es auch sein möge, dort seinen Sitz wahrscheinlich für immer hat. Etwas Aehnliches habe ich bei den übrigen Fixsternen nie gesehen." (Der 54 Jahre früher von Simon Marius beschriebene Nebelfleck der Andromeda war ihm also unbekannt oder hatte ihm wenig Interesse erregt!) „Was man sonst für Nebel hielt," setzt Huygens hinzu, „selbst die Milchstraße durch Fernröhren betrachtet, zeigen nichts Nebelartiges und sind nichts anderes, als eine in Haufen zusammengedrängte Vielzahl von Sternen." [30] Die Lebhaftigkeit dieser ersten Beschreibung zeugt von der Frische und Größe des Eindruckes; aber welch ein Abstand von dieser ersten Abbildung aus der Mitte des 17. Jahrhunderts und den etwas weniger unvollkommenen von Picard, le Gentil und Messier bis zu den herrlichen Zeichnungen von Sir John Herschel (1837) und William Cranch Bond (1848), dem Direktor der Sternwarte zu Cambridge in den Vereinigten Staaten von Nordamerika.

Der erste unter den zwei zuletzt genannten Astronomen hat den großen Vorzug gehabt, den Orionsnebel seit 1834 am Vorgebirge der guten Hoffnung in einer Höhe von 60° und mit einem 20füßigen Reflektor zu beobachten und seine frühere[31] Abbildung von 1824 bis 1826 noch zu vervollkommnen. In der Nähe von ϑ Orionis wurde die Position von 150 Sternen, meist 15. bis 18. Größe, bestimmt. Das berühmte Trapez, das nicht von Nebel umgeben ist, wird von vier Sternen, 4^m, 6^m, 7^m und 8^m gebildet. Der 4. Stern ward (1666?) von Dominikus Cassini in Bologna[32] entdeckt, der 5. (γ) im Jahre 1826 von Struve, der 6., welcher 13. Größe ist (α), im Jahre 1832 von Sir John Herschel. Der Direktor der Sternwarte des Collegio Romano, de Vico, hat angekündigt, im Anfange des Jahres 1839 durch seinen großen Refraktor von Cochoix innerhalb des Trapezes selbst noch drei andere Sterne aufgefunden zu haben. Sie sind von Herschel dem Sohne und von William Bond nicht gesehen worden. Der Teil des Nebels, welcher dem fast unnebligen Trapez am nächsten liegt und gleichsam den vorderen Teil des Kopfes, über dem Rachen, die Regio Huygeniana, bildet, ist fleckig, von körniger Textur und durch das Riesenteleskop des Earl of Rosse wie in dem großen Refraktor von Cambridge in den Vereinigten Staaten von Nordamerika in Sternhaufen aufgelöst.[33] Unter den genauen neuen Beobachtern haben auch Lamont in München, Cooper und Lassel in England viele Positionen kleiner Sterne bestimmt; der erste hat eine 1200malige Vergrößerung angewandt. Von Veränderungen in dem relativen Glanze und den Umrissen des großen Orionsnebels glaubte Sir William Herschel sich durch Vergleichung seiner eigenen, mit denselben Instrumenten angestellten Beobachtungen von 1783 bis 1811 überzeugt zu haben. Bouillaud und le Gentil hatten eben dies vom Nebel der Andromeda behauptet. Die gründlichen Untersuchungen von Herschel dem Sohne machen diese für erwiesen gehaltenen kosmischen Veränderungen auf das wenigste überaus zweifelhaft.

Großer Nebelfleck um η Argûs. — Es liegt derselbe in der durch ihren prachtvollen Lichtglanz so ausgezeichneten Region der Milchstraße, welche sich von den Füßen des Centauren durch das südliche Kreuz nach dem mittleren Teile des Schiffes hinzieht. Das Licht, welches diese Region ausgießt, ist so außerordentlich, daß ein genauer, in der Tropenwelt von Indien heimischer Beobachter, der Kapitän Jacob,

ganz mit meiner vierjährigen Erfahrung übereinstimmend, bemerkt, man werde, ohne die Augen auf den Himmel zu richten, durch eine plötzliche Zunahme der Erleuchtung an den Aufgang des Kreuzes und der dasselbe begleitenden Zone erinnert.[34] Der Nebelfleck, in dessen Mitte der durch seine Intensitätsveränderungen so berühmt gewordene Stern η Argûs liegt, bedeckt über 4/7 eines Quadratgrades der Himmelsdecke. Der Nebel selbst, in viele unförmliche Massen verteilt, die in ungleicher Lichtstärke sind, zeigt nirgends das gesprenkelte, körnige Ansehen, welches die Auflösung ahnen läßt. Er umschließt ein sonderbar geformtes, leeres, mit einem sehr schwachen Lichtschein bedecktes, ausgeschweiftes Lemniskat-Oval. Eine schöne Abbildung der ganzen Erscheinung, die Frucht von zweimonatlichen Messungen, findet sich in den Kapbeobachtungen von Sir John Herschel. Dieser hat in dem Nebelfleck von η Argûs nicht weniger als 1216 Positionen von Sternen, meist 14^m bis 16^m, bestimmt. Die Reihenfolge derselben erstreckt sich noch weit außerhalb des Nebels in die Milchstraße hinein, wo sie sich auf den schwärzesten Himmelsgrund projizieren und von ihm abheben. Sie stehen daher wohl in keiner Beziehung zu dem Nebel selbst und liegen wahrscheinlich weit vor ihm. Die ganze benachbarte Gegend der Milchstraße ist übrigens so reich an Sternen (nicht Sternhaufen), daß zwischen RA. $9^h\ 50'$ und $11^h\ 34'$ durch den teleskopischen Eichprozeß (star-gauges) für einen jeden mittleren Quadratgrad 3138 Sterne gefunden worden sind. Diese Sternmenge steigt sogar bis 5093 in den Eichungen (sweeps) für RA. $11^h\ 24'$; das sind für einen Quadratzoll Himmelsgewölbe mehr Sterne als dem unbewaffneten Auge am Horizont von Paris oder Alexandrien Sterne 1. bis 6. Größe sichtbar werden.

Der Nebelfleck im Schützen. — Er ist von beträchtlicher Größe, wie aus vier einzelnen Massen zusammengesetzt (RA. $17^h\ 53'$, N.P.D. $114^0\ 21'$), deren eine wiederum dreiteilig ist. Alle sind durch nebelfreie Stellen unterbrochen, und das Ganze war schon von Messier unvollkommen gesehen.

Die Nebelflecke im Schwan. — Mehrere irreguläre Massen, von denen eine einen sehr schmalen, geteilten Strang bildet, welcher durch den Doppelstern η Cygni geht. Den Zusammenhang der so ungleichen Nebelmassen durch ein sonderbares zellenartiges Gewebe hat zuerst Mason erkannt.[35]

Der Nebelfleck im Fuchse — von Messier unvollkommen gesehen, Nr. 27 seines Verzeichnisses; aufgefunden bei der Gelegenheit der Beobachtung des Bodeschen Kometen von 1779. Die genaue Bestimmung der Position (RA. 19° 52′, N.P.D. 67° 43′) und die erste Abbildung sind von Sir John Herschel. Es erhielt der Nebelfleck, der eine nicht unregelmäßige Gestalt hat, zuerst den Namen Dumb-bell, bei Anwendung eines Reflektors mit 18zölliger Oeffnung (Philos. Transact. for 1833, Nr. 2060, fig. 26; Outlines § 881). Die Aehnlichkeit mit den Dumb-bells (eisernen, bleigefüllten, lederüberzogenen Kolben, zu beiden Seiten kugelförmig endigend, deren man sich in England zur Stärkung der Muskeln gymnastisch bedient) ist in einem Reflektor von Lord Rosse[36] mit 3füßiger Oeffnung verschwunden (s. dessen wichtige neueste Abbildung, Philos. Transact. for 1850, Pl. XXXVIII, fig. 17). Die Auflösung in zahlreiche Sterne gelang ebenfalls, aber die Sterne blieben mit Nebel gemischt.

Der Spiral-Nebelfleck im nördl. Jagdhunde. Er wurde von Messier aufgefunden am 13. Oktober 1773 (bei Gelegenheit des von ihm entdeckten Kometen) am linken Ohre des Asterion, sehr nahe bei η (Benetnasch) am Schwanz des großen Bären (Nr. 51 Messier und Nr. 1622 des großen Verzeichnisses in den Philos. Transact. 1833, p. 496, fig. 25); eine der merkwürdigsten Erscheinungen am Firmamente, sowohl wegen der wundersamen Gestaltung des Nebels, als wegen der unerwarteten formumwandelnden Wirkung, welche der 6füßige Spiegel des Lord Rosse auf ihn ausgeübt hat. In dem 18zölligen Spiegelteleskop von Sir John Herschel zeigte sich der Nebelfleck kugelrund, von einem weit abstehenden Ringe umgeben, so daß er gleichsam ein Bild unserer Sternschicht und ihres Milchstraßenringes darstellte. Das große Teleskop von Parsonstown verwandelte aber im Frühjahr 1845 das Ganze in ein schneckenartig gewundenes Tau, in eine leuchtende Spira, deren Windungen uneben erscheinen und an beiden Extremen, im Centrum und auswärts, in dichte, körnige, kugelrunde Knoten auslaufen. Dr. Nichol hat eine Abbildung dieses Gegenstandes (dieselbe, welche Lord Rosse der Gelehrtenversammlung in Cambridge 1845 vorlegte) bekannt gemacht.[37] Die vollkommenste ist aber die von Mr. Johnstone Stoney, Philos. Transact. 1850, Part. 1, Pl. XXXV, fig. 1. Ganz ähnliche Spiralform haben Nr. 99 Messier, mit einem einzigen Centralnucleus, und andere nördliche Nebel.

Es bleibt noch übrig, ausführlicher, als es in dem allgemeinen Naturgemälde hat geschehen können, von einem Gegenstande zu reden, welcher in der Welt der Gestaltungen, die das gesamte Firmament darbietet, einzig ist, ja, wenn ich mich so ausdrücken darf, die landschaftliche Anmut der südlichen Himmelsgefilde erhöht. Die beiden Magelhaensschen Wolken, welche wahrscheinlich zuerst von portugiesischen, dann von holländischen und dänischen Piloten Kapwolken genannt wurden,[38] fesseln, wie ich aus eigener Erfahrung weiß, durch ihren Lichtglanz, ihre sie individualisierende Isoliertheit, ihr gemeinsames Kreisen um den Südpol, doch in ungleichen Abständen, auf das lebhafteste die Aufmerksamkeit des Reisenden. Daß diejenige Benennung, welche sich auf Magelhaens Weltumsegelung bezieht, nicht die ältere sei, wird durch die ausdrückliche Erwähnung und Beschreibung der kreisenden Lichtwolken von dem Florentiner Andrea Corsali in der Reise nach Cochin und von dem Sekretär Ferdinands des Katholischen, Petrus Martyr de Anghiera, in seinem Werke De rebus Oceanicis et Orbe novo (Dec. I, lib. IX, p. 96) widerlegt. Die hier bezeichneten Angaben sind beide vom Jahr 1515, während Pigafetta, der Begleiter Magelhaens, in seinem Reisejournale der nebbiette nicht eher als im Jahre 1521 gedenkt, wo das Schiff Viktoria aus der Patagonischen Meerenge in die Südsee gelangte. Der sehr alte Name Kapwolken ist übrigens nicht durch die Nähe der noch südlicheren Konstellation des Tafelberges entstanden, da letztere erst von Lacaille eingeführt worden ist. Die Benennung könnte eher eine Beziehung haben auf den wirklichen Tafelberg und auf die lange von den Seeleuten gefürchtete sturmverkündende Erscheinung einer kleinen Wolke auf seinem Gipfel. Wir werden bald sehen, daß die beiden Nubeculae, in der südlichen Hemisphäre lange bemerkt, aber namenlos geblieben, mit Ausdehnung der Schiffahrt und zunehmender Belebtheit gewisser Handelsstraßen Benennungen erhielten, welche durch diese Handelsstraßen selbst veranlaßt wurden.

Die frequente Beschiffung des Indischen Meeres, welches das östliche Afrika bespült, hat am frühesten, besonders seit der Zeit der Lagiden und der Monsunfahrten, Seefahrer mit den dem antarktischen Pole nahen Gestirnen bekannt gemacht. Bei den Arabern findet man, wie bereits oben erwähnt worden ist, schon in der Mitte des 10. Jahrhunderts einen Namen für die größere der Magelhaensschen Wolken. Sie ist,

wie Ideler aufgefunden, identisch mit dem (weißen) Ochsen, el-bakar, des berühmten Astronomen Derwisch Abdurrahman Sufi aus Raï, einer Stadt des persischen Irak. Es sagt derselbe in der Anleitung zur Kenntnis des gestirnten Himmels, die er am Hofe der Sultane aus der Dynastie der Buyiden anfertigte: „Unter den Füßen des Suhel (es ist hier ausdrücklich der Suhel des Ptolemäus, also Canopus, gemeint, wenngleich die arabischen Astronomen auch mehrere andere große Sterne des Schiffes, el-sefina, Suhel nannten) steht ein weißer Fleck, den man weder in Irak (in der Gegend von Bagdad) noch im Nedschd (Nedjed), dem nördlicheren und gebirgigeren Arabien, sieht, wohl aber in der südlichen Tehama zwischen Mekka und der Spitze von Yemen, längs der Küste des Roten Meeres.[39] Die relative Position des Weißen Ochsen zum Canopus ist hier für das unbewaffnete Auge genau genug angegeben; denn die Rektaszension von Canopus ist $6^h 20'$, und der östliche Rand der Großen Magelhaensschen Wolke hat die Rektaszension $6^h 0'$. Die Sichtbarkeit der Nubecula major in nördlichen Breiten hat durch die Präzession seit dem 10. Jahrhundert sich nicht erheblich ändern können, indem dieselbe in den nächstverflossenen Jahrtausenden das Maximum ihrer Entfernung vom Norden erreichte. Wenn man die neue Ortsbestimmung der großen Wolke von Sir John Herschel annimmt, so findet man, daß zur Zeit von Abdurrhaman Sufi der Gegenstand bis 17° nördlicher Breite vollständig sichtbar war; gegenwärtig ist er es ungefähr bis 18°. Die südlichen Wolken konnten also gesehen werden im ganzen südwestlichen Arabien, in dem Weihrauchlande von Hadhramaut, wie in Yemen, dem alten Kultursitze von Saba und der früh eingewanderten Joktaniden. Die südlichste Spitze von Arabien, bei Aden, an der Straße von Bab-el-Mandeb, hat 12° 45′, Loheia erst 15° 44′ nördlicher Breite. Die Entstehung vieler arabischer Ansiedelungen an der Ostküste von Afrika zwischen den Wendekreisen, nördlich und südlich vom Aequator, trug natürlich auch zur spezielleren Kenntnis der südlichen Gestirne bei.

Gebildetere europäische (vor allen katalanische und portugiesische) Piloten besuchten zuerst die Westküste Afrikas jenseits der Linie. Unbezweifelte Dokumente: die Weltkarte von Marino Sanuto Torsello aus dem Jahre 1306, das genuesische Portulano Mediceo (1351), das Planisferio de la Palatina (1417) und das Mappamondo di Fra

Mauro Camaldolese (zwischen 1457 und 1459) beweisen, wie schon 178 Jahre vor der sogenannten ersten Entdeckung des Cabo tormentoso (Vorgebirge der guten Hoffnung), durch Bartholomäus Diaz im Monat Mai 1487, die triangulare Konfiguration der Südextremität des afrikanischen Kontinentes bekannt war.[40] Die mit Gamas Expedition schnell zunehmende Wichtigkeit eines solchen Handelsweges ist wegen des gemeinsamen Zieles aller westafrikanischen Reisen die Veranlassung gewesen, daß den beiden südlichen Nebelwolken die Benennung Kapwolken von den Piloten, als sonderbarer, auf Kapreisen gesehener Himmelserscheinungen, beigelegt wurde.

An der Ostküste von Amerika haben die fortgesetzten Bestrebungen, bis jenseits des Aequators, ja bis an die Südspitze des Kontinentes vorzudringen, von der Expedition des Alonso de Hojeda, welchen Amerigo Vespucci begleitete (1499), bis zu der Expedition von Magelhaens mit Sebastian del Cano (1521) und von Garcia de Loaysa[41] mit Francisco de Hoces (1525), die Aufmerksamkeit der Seefahrer ununterbrochen auf die südlichen Gestirne gerichtet. Nach den Tagebüchern, die wir besitzen, und nach den historischen Zeugnissen von Anghiera ist dies vorzugsweise geschehen bei der Reise von Amerigo Vespucci und Vincente Yañez Pinzon, auf welcher das Vorgebirge San Augustin (8° 20′ südl. Br.) entdeckt wurde. Vespucci rühmt sich, drei Canopen (einen dunklen, Canopo fosco, und zwei Canopi risplendenti) gesehen zu haben. Nach einem Versuche, welchen Ideler, der scharfsinnige Verfasser der Werke über die Sternnamen und die Chronologie gemacht hat, Vespuccis sehr verworrene Beschreibung des südlichen Himmels in dem Briefe an Lorenzo Pierfrancesco de' Medici, von der Partei der Popolani, zu erläutern, gebrauchte jener das Wort Canopus auf eine ebenso unbestimmte Weise, als die arabischen Astronomen das Wort Suhel. Ideler erweist, „der Canopo fosco nella via lattea sei nichts anderes als der schwarze Flecken oder große Kohlensack im südlichen Kreuze gewesen, und die Position von drei Sternen, in denen man α, β und γ der kleinen Wasserschlange (Hydrus) zu erkennen glaubt, mache es höchst wahrscheinlich, daß der Canopo risplendente di notabile grandezza (von beträchtlichem Umfange) die Nubecula major, wie der zweite risplendente die Nubecula minor sei“. Es bleibt immer sehr auffallend, daß Vespucci diese am Firmament neu-gesehe-

nen Gegenstände nicht, wie alle anderen Beobachter beim ersten Anblicke gethan, mit Wolken verglichen habe. Man sollte glauben, eine solche Vergleichung biete sich unwiderstehlich dar. Petrus Martyr Anghiera, der mit allen Entdeckern persönlich bekannt war und dessen Briefe unter dem lebendigen Eindrucke ihrer Erzählungen geschrieben sind, schildert unverkennbar den milden, aber ungleichen Lichtglanz der Nubeculae. Er sagt: „Assecuti sunt Portugallenses alterius poli gradum quinquagesimum amplius, ubi punctum (polum?) circumeuntes *quasdam nubeculas* licet intueri, veluti in lactea via sparsos fulgores per universi coeli globum intra ejus spatii latitudinem.“[42] Der glänzende Ruf und die lange Dauer der Magelhaensschen Weltumsegelung (vom August 1519 bis September 1522), der lange Aufenthalt einer zahlreichen Mannschaft unter dem südlichen Himmel verdunkelte die Erinnerung an alles früher Beobachtete und der Name Magelhaensscher Wolken verbreitete sich unter den schiffahrenden Nationen des Mittelmeeres.

Wir haben hier in einem einzelnen Beispiele gezeigt, wie die Erweiterung des geographischen Horizontes gegen Süden der beschauenden Astronomie ein neues Feld geöffnet hat. Den Piloten boten sich unter dem neuen Himmel besonders vier Gegenstände der Neugier dar: das Aufsuchen eines südlichen Polarsternes, die Gestalt des südlichen Kreuzes, das senkrechte Stellung hat, wenn es durch den Meridian des Beobachtungsortes geht, die Kohlensäcke und die kreisenden Lichtwolken. Wir lernen aus der in viele Sprachen übersetzten Anweisung zur Schiffahrt (Arte de Navegar, lib. V, cap. 11) von Pedro de Medina, zuerst herausgegeben 1545, daß schon in der ersten Hälfte des 16. Jahrhunderts Meridianhöhen des Cruzero zu Bestimmung der Breite angewandt wurden. Auf das bloße Beschauen folgte also schnell das Messen. Die erste Arbeit über Sternpositionen nahe am antarktischen Pole wurde durch Abstände von bekannten Tychonischen Sternen der Rudolfinischen Tafeln erlangt; sie gehört, wie ich schon früher bemerkt habe, dem Petrus Theodori aus Emden und dem Friedrich Houtman aus Holland, welcher um das Jahr 1594 in den indischen Meeren schiffte, an. Die Resultate ihrer Messungen wurden bald in die Sternkataloge und Himmelsgloben von Blaeuw (1601), Bayer (1603) und Paul Merula (1605) aufgenommen. Das sind die schwachen Anfänge zur Ergründung

der Topographie des südlichen Himmels vor Halley (1677), vor den verdienstvollen astronomischen Bestrebungen der Jesuiten Jean de Fontaney, Richaud und Noël. Es bezeichnen in innigem Zusammenhange die Geschichte der Astronomie und die Geschichte der Erdkunde jene denkwürdigen Epochen, in denen (kaum erst seit drittehalbhundert Jahren) das kosmische Bild des Firmamentes wie das Bild von den Umrissen der Kontinente vervollständigt werden konnten.

Die Magelhaensschen Wolken, von welchen die größere 42, die kleine 10 Quadratgrade des Himmelsgewölbes bedeckt, lassen dem bloßen Auge allerdings auf den ersten Anblick denselben Eindruck, welchen zwei glänzende Teile der Milchstraße von gleicher Größe machen würden, wenn sie isoliert stünden. Bei hellem Mondschein verschwindet indes die kleine Wolke gänzlich, die große verliert nur beträchtlich von ihrem Lichte. Die Abbildung, welche Sir John Herschel gegeben hat, ist vortrefflich und stimmt genau mit meinen lebhaftesten peruanischen Erinnerungen überein. Der angestrengten Arbeit dieses Beobachters im Jahre 1837 am Vorgebirge der guten Hoffnung verdankt [43] die Astronomie die erste genaue Analyse eines so wunderbaren Aggregates der verschiedenartigsten Elemente. Er fand einzelne zerstreute Sterne in großer Zahl, Sternschwärme und kugelförmige Sternhaufen, ovale reguläre und irreguläre Nebelflecke, mehr zusammengedrängt als in der Nebelzone der Jungfrau und des Haupthaares der Berenice. Die Nubeculae sind also eben wegen dieses komplizierten Aggregatzustandes weder (wie nur zu oft geschehen) als außerordentlich große Nebelflecke noch als sogenannte abgesonderte Teile der Milchstraße zu betrachten. In dieser gehören runde Sternhaufen und besonders ovale Nebelflecke, zu den selteneren Erscheinungen, eine kleine Zone abgerechnet, welche zwischen dem Altar und dem Schwanz des Skorpions liegt.

Die Magelhaensschen Wolken hängen weder untereinander noch mit der Milchstraße durch einen erkennbaren Nebelduft zusammen. Die kleine liegt, außer der Nähe des Sternhaufens im Toucan, in einer Art von Sternwüste, die große in einem minder öden Himmelsraume. Der letzteren Bau und innere Gestaltung ist so verwickelt, daß in derselben Massen (wie Nr. 2878 des Herschelschen Verzeichnisses) gefunden werden, welche den Aggregatzustand und das Bild der ganzen Wolke genau wiederholen. Des verdienstvollen

Horners Vermutung, als seien die Wolken einst Teile der Milchstraße gewesen, in der man gleichsam ihre vormaligen Stellen erkenne, ist eine Mythe, und ebenso unbegründet als die Behauptung, daß in ihnen seit Lacailles Zeiten eine Fortbewegung, eine Veränderung der Position zu bemerken sei. Diese Position ist wegen Unbestimmtheit der Ränder in Fernröhren von kleinerer Oeffnung früher unrichtig angegeben worden; ja Sir John Herschel erwähnt, daß auf allen Himmelsgloben und Sternkarten die kleine Wolke fast um eine Stunde in Rektaszension falsch eingetragen wird. Nach ihm liegt Nubecula minor zwischen den Meridianen von $0^h\ 28'$ und $1^h\ 15'$, N.P.D. 162° und 165°, Nubecula major RA. 4^h 40′ bis 6^h 0′ und N.P.D. 156° bis 162°. Von Sternen, Nebelflecken und Clusters hat er in den letzteren nicht weniger als 919, in den ersten 244 nach Geradaufsteigung und Abweichung verzeichnet. Um die drei Klassen von Gegenständen zu trennen, habe ich in dem Verzeichnis gezählt:

in Nub. major	582 Sterne,	291 Nebelflecke,	46 Sternhaufen
in Nub. minor	200 „	37 „	7 „

Die geringere Zahl der Nebel in der kleinen Wolke ist auffallend. Das Verhältnis derselben zu den Nebeln der großen Wolke ist wie 1 : 8, während das Verhältnis der isolierten Sterne sich ungefähr wie 1 : 3 ergibt. Diese verzeichneten Sterne, fast 800 an der Zahl, sind meistenteils 7. und 8. Größe, einige 9. bis 10. Mitten in der großen Wolke liegt ein schon von Lacaille erwähnter Nebelfleck, 30 Doradûs Bode (Nr. 2491 von John Herschel), von einer Gestalt, welcher keine andere am Himmel gleichkommen soll. Es nimmt dieser Nebelfleck kaum 1/500 der Area der ganzen Wolke ein, und doch hat Sir John Herschel die Position von 105 Sternen 14. bis 16. Größe in diesem Raume bestimmt, Sternen, die sich auf den ganz unaufgelösten, gleichförmig schimmernden, nicht scheckigen Nebel projizieren.

Den Magelhaensschen Lichtwolken gegenüber kreisen um den Südpol in größerem Abstande die schwarzen Flecken, welche früh, am Ende des 15. und im Anfang des 16. Jahrhunderts, die Aufmerksamkeit portugiesischer und spanischer Piloten auf sich gezogen haben. Sie sind wahrscheinlich, wie schon gesagt, unter den drei Canopen, deren Amerigo Vespucci in seiner dritten Reise erwähnt, der Canopo fosco. Die erste sichere Andeutung der Flecken finde ich in der ersten Dekade

von Anghieras Werke De rebus Oceanicis (Dec. I, lib. IX, ed. 1533, p. 20, b). „Interrogati a me nautae qui Vicentium Agnem Pinzonum fuerant comitati (1499), an antarcticum viderint polum, stellam se nullam huic arcticae similem, quae discerni circa punctum (polum?) possit, cognovisse inquiunt. Stellarum tamen aliam, ajunt, se prospexisse, faciem densamque quandam ab horizonte vaporosam caliginem, quae oculos fere obtenebraret.“ Das Wort stella wird hier wie ein himmlisches Gebilde genommen, und die Erzählenden mögen sich freilich wohl nicht sehr deutlich über eine caligo, welche die Augen verfinstert, ausgedrückt haben. Befriedigender spricht Pater Joseph Acosta aus Medina del Campo über die schwarzen Flecken und die Ursache dieser Erscheinung. Er vergleicht sie in seiner Historia natural de las Indias (lib. I, cap. 2) in Hinsicht auf Farbe und Gestalt mit dem verfinsterten Teile der Mondscheibe. „So wie die Milchstraße,“ sagt er, „glänzender ist, weil sie aus dichterer Himmelsmaterie besteht und deshalb mehr Licht ausstrahlt, so sind die schwarzen Flecken, die man in Europa nicht sieht, ganz ohne Licht, weil sie eine Region des Himmels bilden, welche leer, d. h. aus sehr undichter und durchsichtiger Materie zusammengesetzt ist.“ Wenn ein berühmter Astronom in dieser Beschreibung die Sonnenflecken erkannt hat, so ist dies nicht minder sonderbar, als daß der Missionar Richaud (1689) Acostas manchas negras für die Magelhaensschen Lichtwolken hält.

Richaud spricht übrigens, wie die ältesten Piloten, von Kohlensäcken im Plural; er nennt deren zwei: den großen im Kreuz und einen anderen in der Karlseiche; der letztere wird in anderen Beschreibungen gar wieder in zwei voneinander getrennte Flecken geteilt. Diese beschreiben Feuillée, in den ersten Jahren des 18. Jahrhunderts, und Horner (in einem Briefe von 1804, aus Brasilien an Olbers gerichtet) als unbestimmter und an den Rändern verwaschen. Ich habe während meines Aufenthaltes in Peru von den Coal-bags der Karlseiche nie etwas Befriedigendes auffinden können, und da ich geneigt war, es der zu tiefen Stellung der Konstellation zuzuschreiben, so wandte ich mich um Belehrung an Sir John Herschel und den Direktor der Hamburger Sternwarte, Herrn Rümker, welche in viel südlicheren Breiten als ich gewesen sind. Beide haben, trotz ihrer Bemühung, ebenfalls nichts aufgefunden, was in Bestimmtheit der Um-

risse und Tiefe der Schwärze mit dem Coal-sack im Kreuze verglichen werden könnte. Sir John glaubt, daß man nicht von einer Mehrheit von Kohlensäcken reden müsse, wenn man nicht jede, auch nicht umgrenzte dunklere Himmelsstelle (wie zwischen α Centauri und β und γ Trianguli, zwischen η und ϑ Argûs, und besonders am nördlichen Himmel den leeren Raum in der Milchstraße zwischen ε, α und γ Cygni dafür wolle gelten lassen.

Der dem unbewaffneten Auge auffallendste und am längsten bekannte schwarze Flecken des südlichen Kreuzes liegt zur östlichen Seite dieser Konstellation und hat eine birnförmige Gestalt, bei 8° Länge und 5° Breite. In diesem großen Raume befinden sich ein sichtbarer Stern 6. bis 7. Größe, dazu eine große Menge teleskopischer Sterne 11. bis 13. Größe. Eine kleine Gruppe von 40 Sternen liegt ziemlich in der Mitte. Sternleerheit und Kontrast neben dem prachtvollen Lichtglanze umher werden als Ursachen der merkwürdigen Schwärze dieses Raumes angegeben. Diese letztere Meinung hat sich seit La Caille[44] allgemein erhalten. Sie ist vorzüglich durch die Sterneichungen (gauges and sweeps) um den Raum, wo die Milchstraße wie von einem schwarzen Gewölk bedeckt erscheint, bekräftigt. In dem coal-bag gaben die Eichungen (in gleicher Größe des Gesichtsfeldes) 7 bis 9 teleskopische Sterne (nie völlige Leerheit, blank fields), wenn an den Rändern 120 bis 200 Sterne gezählt wurden. Solange ich in der südlichen Tropengegend war, unter dem sinnlichen Eindruck der Himmelsdecke, die mich so lebhaft beschäftigte, schien mir, wohl mit Unrecht, die Erklärung durch den Kontrast nicht befriedigend. William Herschels Betrachtungen über ganz sternleere Räume im Skorpion und im Schlangenträger, die er Oeffnungen in dem Himmel (Openings in the heavens) nennt, leiteten mich auf die Idee, daß in solchen Regionen die hintereinander liegenden Sternschichten dünner oder gar unterbrochen seien, daß unsere optischen Instrumente die letzten Schichten nicht erreichen, „daß wir wie durch Röhren in den fernsten Weltraum blicken". Ich habe dieser Oeffnungen schon an einem Orte gedacht und die Wirkungen der Perspektive auf solche Unterbrechungen in den Sternschichten sind neuerlichst wieder ein Gegenstand ernster Betrachtung geworden.[45]

Die äußersten und fernsten Schichten selbstleuchtender Weltkörper, der Abstand der Nebelflecke, alles, was wir in

dem letzten der sieben siderischen oder astrognostischen Abschnitte dieses Werkes zusammengedrängt haben, erfüllen die Einbildungskraft und den ahnenden Sinn des Menschen mit Bildern von Zeit und Raum, welche seine Fassungskraft übersteigen. So bewundernswürdig die Vervollkommnungen der optischen Werkzeuge seit kaum sechzig Jahren gewesen sind, so ist man doch zugleich mit den Schwierigkeiten ihrer Konstruktion genug vertraut geworden, um sich über die ungemessenen Fortschritte dieser Vervollkommnung nicht so kühnen, ja ausschweifenden Erwartungen hinzugeben, als die waren, welche den geistreichen Hooke in den Jahren 1663 bis 1665 ernsthaft beschäftigten. Mäßigung in den Erwartungen wird auch hier sicherer zum Ziele führen. Jedes der aufeinander folgenden Menschengeschlechter hat sich des Größten und Erhabensten zu erfreuen gehabt, was es auf der Stufe, zu welcher die Kunst sich erhoben, als die Frucht freier Intelligenz erringen konnte. Ohne in bestimmten Zahlen auszusprechen, wie weit die den Weltraum durchdringende teleskopische Kraft bereits reiche, ohne diesen Zahlen viel Glauben zu schenken, mahnt uns doch schon die Kenntnis von der Geschwindigkeit des Lichtes, daß das Aufglimmen des fernsten Gestirnes, der lichterzeugende Prozeß auf seiner Oberfläche „das älteste sinnliche Zeugnis von der Existenz der Materie ist".

Anmerkungen.

[1] (S. 220.) Die Zahl der Nebelflecken ist unermeßlich groß. John Herschel verzeichnete 1864 ihrer 5079; seither sind in Rom und mit dem großen Teleskop von 0,90 m Oeffnung in Marseille zahlreiche Nebelflecken entdeckt worden, und ihre Zahl wird vermutlich mit den Dimensionen der Instrumente noch mehr zunehmen. [D. Herausg.]

[2] (S. 222.) Vor der Expedition von Alvaro Becerra. Die Portugiesen drangen 1471 bis südlich vom Aequator vor. Aber auch in Ostafrika wurde unter den Lagiden der Handelsweg durch den Indischen Ozean, begünstigt durch den Südwestmonsun (Hippalus), von Ocelis an der Straße Bab-el-Mandeb nach dem malabarischen Stapelplatze Muziris und Ceylon benutzt. Auf allen hier genannten Seefahrten waren die Magelhaensschen Wolken gesehen, aber nicht beschrieben worden.

[3] (S. 223.) Galilei, welcher den Unterschied der Entdeckungstage (29. Dezember 1609 und 7. Januar 1610) dem Kalenderunterschied zuzuschreiben sucht, behauptet deshalb, die Jupiterssatelliten einen Tag früher als Marius gesehen zu haben; er geht in seinem Zorne gegen die „bugia del impostore *eretico Guntzenhusano*“ so weit zu erklären: „Che molto probabilmente il Eretico Simon Mario non ha osservato giammai i Pianeti Medicei.“ Sehr friedsam und bescheiden hatte sich doch der Eretico selbst über das Maß seines Verdienstes in der Entdeckung ausgedrückt. „Ich behaupte bloß,“ sagt Simon Marius in der Vorrede zum Mundus Jovialis: „haec sidera (Brandenburgica) a nullo mortalium mihi ulla ratione commonstrata, sed propria indagine sub ipsissimum fere tempus, vel aliquanto citius quo Galilaeus in Italia ea primum vidit, a me in Germania adinventa et observata fuisse. Merito igitur Galilaeo tribuitur et manet laus primae inventionis horum siderum apud Italos. An autem inter meos Germanos quispiam ante me ea invenerit et viderit, hactenus intelligere non potui.“

[4] (S. 224.) „Galilei notò che le Nebulose di Orione null' altro erano che mucchi e coacervazioni d'innumerabili Stelle.“ Nelli, Vita di Galilei Vol. I, p. 208.

[5] (S. 224.) „In primo integram Orionis Constellationem pingere decreveram; vero, ab ingenti stellarum copia, temporis vero inopia obrutus, aggressionem hanc in aliam occasionem distuli. — Cum non tantum in Galaxia lacteus ille candor veluti albicantis nubis spectetur, sed *complures consimilis coloris areolae sparsim per aethera subfulgeant*, si in illarum quamlibet Specillum convertas, Stellarum constipatarum coetum offendes. Amplius (quod magis mirabile) Stellae, ab Astronomis singulis in hanc usque diem *Nebulosae* appellatae, Stellarum mirum in modum consitarum greges sunt: ex quarum radiorum commixtione, dum unaquaque ob exilitatem, seu maximam a nobis remotionem, oculorum aciem fugit, candor ille consurgit, qui densior pars caeli, Stellarum aut Solis radios retorquere valens, hucusque creditus est." Opere di Galileo Galilei, Padova 1744, T. II, p. 14 bis 15.

[6] (S. 224.) Ich erinnere auch an die Vignette, welche die Einleitung von Hevelii Firmamentum Sobescianum 1687 beschließt und auf der man drei Genien sieht, von welchen zwei am Hevelschen Sextanten beobachten. Dem dritten Genius, der ein Fernrohr zuträgt und es anzubieten scheint, antworten die Beobachtenden: Praestat nudo oculo!

[7] (S. 225.) „Dans les deux nébuleuses d'Andromède et d'Orion," sagt Dominikus Cassini, „j'ai vu des étoiles qu'on n'aperçoit pas avec des lunettes communes. Nous ne savons pas si l'on ne pourroit pas avoir des lunettes assez grandes pour que toute la nébulosité pût se résoudre en de plus petites étoiles, comme il arrive à celles du Cancer et du Sagittaire."

[8] (S. 225.) Ueber Ideengemeinschaft und Ideenverschiedenheit von Lambert und Kant wie über die Zeiten ihrer Publikationen s. Struve, Études d'Astr. stellaire p. 11, 13 und 21; notes 7, 15 und 33. Kants „Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels" erschien anonym und dem großen König zugeeignet 1755; Lamberts „Photometria", wie schon oben bemerkt worden ist, 1760, seine „Sammlung kosmologischer Briefe über die Einrichtung des Weltbaues" 1761.

[9] (S. 226.) „Those Nebulae," sagt John Michell 1767, „in which we can discover either none, or only a few stars even with the assistance of the best telescopes, are probably systems, that are still more distant than the rest."

[10] (S. 226.) Das ganze Verzeichnis enthält 103 Objekte.

[11] (S. 226.) „The nebular hypothesis, as it has been termed, and the theory of siderial aggregation stand in fact quite independent of each other." Sir John Herschel, Outlines of astronomy §. 872, p. 599.

[12] (S. 226.) Die Zahlen, welche ich hier gebe, sind die aufgezählter Objekte von Nr. 1 bis 2307 im europäischen, nörd-

lichen Katalog von 1833 und die von Nr. 2308 bis 4015 im afrikanischen, südlichen Katalog.

[13] (S. 227.) An account of the Earl of Rosse's great Telescope p. 14 bis 17; wo die Liste der im März 1845 von Dr. Robinson und Sir James South aufgelösten Nebel gegeben wird. „Dr. Robinson could not leave this part of his subject without calling attention to the fact, that no real nebula seemed to exist among so many of these objects chosen without any bias: all *appeared* to be clusters of stars, and every additional one which shall be resolved will be an additional argument against the existence of any such." — In der Notice sur les grands Télescopes de Lord Oxmantown, aujourd'hui Earl of Rosse (Bibliothéque universelle de Genève T. LVII, 1845, p. 342 bis 357) heißt es: „Sir James South rappelle que jamais il n'a vu de représentations sidérales aussi magnifiques que celles que lui offrait l'instrument de Parsonstown; qu'une bonne partie des nébuleuses se présentaient comme des amas ou groupes d'étoiles, tandis que quelques autres, à ses yeux du moins, n'offraient aucune apparence de résolution en étoiles."

[14] (S. 227.) „By far the major part," sagt Sir John Herschel, „probably at least nine tenths of the nebulous contents of the heavens consist of nebulae of spherical or elliptical forms, presenting every variety of elongation and central condensation. Of these *a great number* have been resolved into distant stare (by the Reflector of the Earl of Rosse), and a vast multitude more have been found to present that mottled appearance, which renders it almost a matter of certainty that an increase of optical power would show them to be similarly composed. A not unnatural or unfair induction would therefore seem to be, that those which resist such resolution, do so only in consequence of the smallness and closeness of the stars of which they consist: that, in short, they are only optically and not physically nebulous. — Although nebulae do exist which even in this powerful telescope (of Lord Rosse) appear as nebulae, without any sign of resolution, it may very reasonably be doubted wheter there be really any essential physical distinction between nebulae and clusters of stars."

[15] (S. 227.) Dr. Nichol, Professor der Astronomie zu Glasgow, hat diesen, aus Castle Parsonstown datierten Brief in seinen Thoughts of some important points relating to the System of the World, 1846, p. 55, bekannt gemacht: „In accordance with my promise of communicating to you the result of our examination of Orion, I think, I may safely say, that there can be little, if any doubt as to the resolvability of the Nebula. Since you left us, there was not a single

night when, in absence of the moon, the air was fine enough to admit of our using more than half the magnifying power the speculum bears: still we could plainly see that all about the trapezium is a mass of stars; the rest of the nebula also abounding with stars and exhibiting the characteristics of resolvability strongly marked.“

[16] (S. 230.) Die Fundamente dieser Aufzählung erheischen hier eine Erläuterung. Die drei Kataloge von Herschel dem Vater enthalten 2500 Objekte, nämlich 2303 Nebel und 197 Sternhaufen. In der späteren, weit genaueren Musterung des Sohnes wurden diese Zahlen verändert. Ungefähr 1800 Objekte waren identisch mit denen der drei früheren Kataloge; drei bis vierhundert aber wurden vorläufig ausgeschlossen, und mehr als fünfhundert neu entdeckte in Rektaszension und Deklination bestimmt. Das nördliche Verzeichnis enthält 152 Sternhaufen, folglich 2307 — 152 = 2155 Nebelflecke; aber unter den Nummern des südlichen Kataloges sind von 4015 — 2307 = 1708 Objekten, unter denen sich 236 Sternhaufen finden, 233 abzuziehen (nämlich 89 + 135 + 9) als zum nördlichen Verzeichnis gehörig, beobachtet von Sir William und Sir John Herschel in Slough und von Messier in Paris. Es bleiben also für die Kapbeobachtungen übrig: 1708 — 233 = 1475 Nebel und Sternhaufen, oder 1239 Nebelflecke allein. Zu den 2307 Objekten des nördlichen Katalogus von Slough sind dagegen zuzurechnen 135 + 9 = 144. Es wird daher dieses nördliche Verzeichnis anwachsen zu 2451 Objekten, in denen, nach Abzug von 152 Clusters, 2299 Nebelflecke enthalten sind, welche Zahlen sich indes nicht auf eine strenge Abgrenzung nach der Polhöhe von Slough beziehen. Wenn in der Topographie des Firmaments beider Hemisphären numerische Verhältnisse angegeben werden müssen, so glaubt der Verfasser auch in solchen Zahlen, die allerdings ihrer Natur wegen nach Verschiedenheit der Zeitepochen und den Fortschritten in der Beobachtung veränderlich sind, nicht unsorgfältig sein zu dürfen. Der „Entwurf zu einem Kosmos" soll streben, den an eine bestimmte Epoche gebundenen Zustand des Wissens zu schildern.

[17] (S. 230.) „There are between 300 and 400 Nebulae of Sir William Herschel's Catalogue still unobserved by me, for the most part very faint objects . . . .“; heißt es in den Kapbeobachtungen p. 134.

[18] (S. 231.) „In this *Region* of *Virgo*, occupying about one-eighth of the whole surface of the sphere, one-third of the entire nebulous contents of the heavens are congregated. Outlines p. 596.

[19] (S. 232.) Ich gründe mich in diesen numerischen Angaben auf Summierung derjenigen Zahlen, welche die Projektion des nördlichen Himmels darbietet.

[20] (S. 233.) In der langen Reihe von Seefahrten, welche

die Portugiesen unter dem Einfluß des Infanten Don Henrique längs der Westküste von Afrika unternahmen, um bis zum Aequator vorzudringen, war der Venezianer Cadamosto (eigentlich genannt Alvise de Ca da Mosto), als er sich mit Antoniotto Usodimare an der Mündung des Senegal 1454 vereinigt hatte, zuerst mit der Lage und Aufsuchung eines Südpolarsterns beschäftigt gewesen. „Da ich," sagt er, „noch den Nordpolarstern sehe (er befand sich ungefähr in 13° nördlicher Breite), so kann ich nicht den südlichen selbst sehen; aber die Konstellation, welche ich gegen Süden erblicke, ist der Carro del ostro (der Wagen des Südens)." Sollte er sich aus einigen großen Sternen des Schiffes einen Wagen gebildet haben? Die Idee, daß beide Pole jeder einen Wagen hätten, scheint damals so verbreitet gewesen zu sein, daß in dem Itinerarium Portugallense 1508, fol. 23 b und in Grynäus, Novus Orbis 1532, p. 58, eine ganz dem kleinen Bär ähnliche Konstellation, als von Cadamosto gesehen, abgebildet wurde, während Ramusio und die neue Collecção de Noticias para a hist. e geogr. das Nações Ultramarinas statt dessen ebenso willkürlich das südliche Kreuz abbilden. Weil man im Mittelalter, wahrscheinlich um die zwei Tänzer, χορευταί, des Hygin, d. i. die Ludentes des Scholiasten zum Germanicus oder Custodes des Vegetius, im kleinen Wagen zu ersetzen, die Sterne β und γ des kleinen Bären wegen ihres Kreisens um den nahen Nordpol zu Wächtern dieses Pols (le due Guardie, the Guards) bestellt hatte, und da diese Benennung, wie der Gebrauch der Wächter zu Bestimmung der Polhöhe bei den europäischen Piloten aller Nationen in den nördlichen Meeren weit verbreitet war, so führten Trugschlüsse der Analogie ebenfalls dahin, daß man am südlichen Horizont zu erkennen glaubte, was man lange vorher gesucht. Erst als Amerigo Vespucci auf seiner zweiten Reise (Mai 1499 bis September 1500) und Vicente Yañez Pinzon (beide Reisen sind vielleicht eine und dieselbe) in der südlichen Hemisphäre bis zum Kap San Augustin gelangten, beschäftigten sie sich fleißig, aber vergebens, mit dem Aufsuchen eines sichtbaren Sternes in der unmittelbaren Nähe des Südpols. Der Südpol lag damals in der Konstellation des Oktanten, so daß β der kleinen Wasserschlange, wenn man die Reduktion nach dem Katalogus von Brisbane macht, noch volle 80° 5′ südliche Deklination hatte. „Indem ich mit den Wundern des südlichen Himmels beschäftigt war und umsonst einen Südpolarstern suchte," sagt Vespucci in dem Briefe an Pietro Francesco de' Medici, „erinnerte ich mich der Worte (de un detto) unseres Dante, als er im ersten Kapitel des Purgatorio fingiert aus einer Hemisphäre in die andere überzugehen, den antarktischen Pol beschreiben will und singt: Io mi volsi a man destra .... Mein Glaube ist, daß in diesen Versen der Dichter durch seine vier Sterne (non viste mai fuor ch'alla prima gente) den Pol des anderen Firmamentes hat bezeichnen wollen. Ich bin um so

gewisser, daß dem so sei, als ich in der That vier Sterne sah, die zusammen eine mandorla bildeten und eine geringe (?) Bewegung haben." Vespucci meint das südliche Kreuz, la croce maravigliosa, des Andrea Corsali (Brief aus Cochin vom 6. Januar 1515 in Ramusio Vol. I, p. 177), dessen Namen er noch nicht kannte, das später allen Piloten (wie am Nordpole β und γ des kleinen Bären) zur Auffsuchung des Südpols und zu Breitenbestimmungen diente. Vergl. meine Untersuchung der berühmten Stelle des Dante in dem Examen crit. de l'hist. de la Géographie T. IV, p. 319 bis 334. Ebenda habe ich auch daran erinnert, daß α des südlichen Kreuzes, mit welchem in neuerer Zeit Dunlop (1826) und Rümker (1836) sich in Paramatta beschäftigt haben, zu den Sternen gehört, deren Vielfachheit am frühesten 1681 und 1687 von den Jesuiten Fontaney, Noël und Richaud erkannt worden ist. Ein so frühes Erkennen von binären Systemen, lange vor dem von ζ Ursae maj., ist um so merkwürdiger, als 70 Jahre darauf Lacaille α Crucis nicht als Doppelstern beschreibt; vielleicht weil (wie Rümker vermutet) damals der Hauptstern und der Begleiter in allzu kleiner Entfernung voneinander standen. Fast zugleich mit der Doppelheit von α Crucis wurde von Richaud auch die von α Centauri entdeckt, und zwar 19 Jahre vor Feuillées Reise, welchem Henderson diese Entdeckung irrig zuschrieb. Richaud bemerkt: „daß zur Zeit des Kometen von 1689 die beiden Sterne, welche den Doppelstern α Crucis bilden, beträchtlich voneinander abstanden; daß aber in einem zwölffüßigen Refraktor die beiden Teile von α Centauri zwar deutlichst zu erkennen waren, sich aber fast zu berühren schienen."

[21] (S. 233.) Doch ist es, wie wir schon oben bei den Sternhaufen bemerkt haben, Herrn Bond in den Vereinigten Staaten von Nordamerika durch die außerordentliche Kraft seines Refraktors geglückt, den sehr länglich gestreckten, elliptischen Nebel der Andromeda, welcher nach Bouillaud schon vor Simon Marius 985 und 1428 beschrieben wurde und einen rötlichen Schimmer hat, gänzlich aufzulösen. In der Nachbarschaft dieses berühmten Nebelfleckes befindet sich der noch unaufgelöste, aber in Gestaltung sehr ähnliche, welchen meine in hohem Alter dahingeschiedene, allgemein verehrte Freundin Miß Carolina Herschel am 27. August 1783 entdeckte.

[22] (S. 234.) Betrachtet man den planetarischen Nebelfleck im großen Bären als eine Sphäre von 2′ 40″ scheinbaren Durchmessers „und nimmt die Entfernung derselben gleich der bekannten von 61 Cygni, so erhält man einen wirklichen Durchmesser der Sphäre, der siebenmal größer wäre als die Bahn, welche Neptun beschreibt." Outlines § 876.

[23] (S. 235.) Ein orangenroter Stern 8^m ist in der Nähe von Nr. 3365; aber der planetarische Nebel bleibt auch dann tief-indigoblau, wenn der rote Stern nicht im Felde des Teleskopes ist. Die Färbung ist also nicht Folge des Kontrastes.

[24] (S. 235.) Der Begleiter und der Hauptstern sind blau oder bläulich in mehr als 63 Doppelsternen. Indigoblaue Sternchen sind eingemengt in den prachtvollen, vielfarbigen Sternhaufen Nr. 3435 des Kapkataloges (Dunlops Kat. Nr. 301.). Ein ganzer einförmig blauer Sternhaufen steht am südlichen Himmel (Nr. 573 von Dunlop, Nr. 3770 von John Herschel). Es hat derselbe 3½ Minuten im Durchmesser, mit Ausläufern von 8 Minuten Länge; die Sternchen sind 14. und 16. Größe.

[25] (S. 235.) Ueber die Verwickelung der dynamischen Verhältnisse bei den partiellen Attraktionen im Inneren eines kugelrunden Sternhaufens, welche für schwache Teleskope als ein runder, gegen das Centrum dichterer Nebelfleck erscheint, s. Sir John Herschel in Outl. of Astr. § 866 und 872, Kapreise § 44 und 111 bis 113, Philos. Transact. for 1833, p. 501, Address of the President in dem Report of the 15th meeting of the British Association 1845, p. XXXVII.

[26] (S. 236.) Andere Beispiele von Nebelsternen sind nur 8^m bis 9^m, wie Nr. 311 und 450 des Kataloges von 1833, Fig. 31, mit Photosphären von 1′ 30″.

[27] (S. 236.) Merkwürdige Formen der unregelmäßigen Nebel sind: die omega-artige; auch untersucht und beschrieben von Lamont und einem hoffnungsvollen, der Wissenschaft zu früh entrissenen nordamerikanischen Astronomen, Mr. Mason; ein Nebel mit sechs bis acht Kernen; die kometenartigen, büschelförmigen, in denen die Nebelstrahlen bisweilen wie von einem Stern 9^m ausgehen; ein Silhouettenprofil, büstenartig; eine Spaltöffnung, die einen fadenförmigen Nebel einschließt.

[28] (S. 237.) „A zone of nebulae," sagt Sir John Herschel, „encircling the heavens, has so many interruptions and is so faintly marked out through by far the greater part of the circumference, that its existence as such can be hardly more than suspected."

[29] (S. 237.) „Es ist wohl kein Zweifel," schreibt Dr. Galle, „daß in der Zeichnung, welche Sie mir mitteilen, auch der Gürtel des Orion und das Schwert mit enthalten sind, folglich auch der Stern ϑ; aber bei der augenfälligen Ungenauigkeit der Abbildung sind die drei kleinen Sterne am Schwerte, deren mittelster ϑ ist und die (für das unbewaffnete Auge) wie in gerader Linie stehen, schwer herauszufinden. Ich vermute, daß sie den Stern ι richtig bezeichnet haben, und daß der helle Stern rechts daneben oder der Stern unmittelbar darüber ϑ ist." Galilei sagt ausdrücklich: „In primo integram Orionis Constellationem pingere decreveram; verum, ab ingenti stellarum copia, temporis vero inopia obrutus, aggressionem hanc in aliam occasionem distuli." Die Beschäftigung Galileis mit der Konstellation des Orion ist um so merkwürdiger, als 400 Sterne, die er zwischen dem Gürtel und dem Schwerte auf zehn Quadratgraden zu zählen glaubte, spät noch

Lambert zu der unrichtigen Schätzung von 1 650 000 Sternen am ganzen Firmament verleiteten.

[30] (S. 238.) „Ex his autem tres illae pene inter se contiguae stellae, cumque his aliae quatuor, velut trans nebulam lucebant: ita ut spatium circa ipsas, qua forma hic conspicitur, multo illustrius appareret reliquo omni caelo; quod cum apprime serenum esset ac cerneretur nigerrimum, velut hiatu quodam interruptum videbatur, per quem in plagam magis lucidam esset prospectus. Idem vero in hanc usque diem immutata facie saepius atque eodem loco conspexi; adeo ut perpetum illic sedem habere credibile sit hoc quidquid est portenti: cui certe simile aliud nusquam apud reliquas fixas potui animadvertere. Nam caeterae nebulosae olim existimatae, atque ipsa via lactea, perspicillo inspectae, nullas nebulas habere comperiuntur, neque aliud esse quam plurium stellarum congeries et frequentia.“ Christiani Hugenii Opera varia Lugd. Bat. 1724, p. 540 bis 541. Die Vergrößerung, welche Huygens in seinem 23füßigen Refraktor anwandte, schätzte er selbst nur hundertfach (p. 538). Sind die quatuor stellae trans nebulam lucentes die Sterne des Trapez? Die kleine, sehr rohe Zeichnung stellt nur eine Gruppe von drei Sternen dar, allerdings neben einem Einschnitte, welchen man für den Sinus magnus halten möchte. Vielleicht sind nur die drei Sterne im Trapez, welche 4. bis 7. Größe sind, verzeichnet. Auch rühmt Dominikus Cassini, daß der vierte Stern erst von ihm gesehen worden sei.

[31] (S. 239.) Die letztere Abbildung gibt die Nomenklatur der einzelnen Regionen des von so vielen Astronomen durchforschten Orionsnebels.

[32] (S. 239.) Cassini rechnete die Erscheinung dieses vierten Sternes („aggiunta della quarta stella alle tre contigue“) zu den Veränderungen, welche der Orionsnebel in seiner Zeit erlitten habe.

[33] (S. 239.) „It is remarkable that within the area of the trapezium no nebula exists. The brighter portion of the nebula immediately adjacent to the trapezium, forming the square front of the head, is shown with the 18-inch reflector broken up into masses, whose mottled and curdling light evidently indicates by a sort of granular texture its consisting of stars; and when examined under the great light of Lord Rosses reflector or the exquisite defining power of the great achromatic at Cambridge, U. S., is evidently perceived to consist of clustering stars. There can therefore be little doubt as to the whole consisting of stars, too minute to be discerned individually even with the powerful aids, but which become visible as points of light when closely adjacent in the more crowded parts.“ (Outlines p. 609.) William C. Bond, der einen 23füßigen, mit einem 14zölligen Objektiv versehenen Refraktor anwandte, sagt: „There is a great diminution of light in the

interior of the Trapezium, but no suspicion of a star" (Mem. of the Amer. Acad., new Series, Vol. III, p. 93.)

[34] (S. 240.) „Such is the general blaze from that part of the sky," sagt der Kapitän Jacob (Bombay Engineers) zu Punah, „that a person is immediately made aware of its having risen above the horizon, though he should not be at the time looking at the heavens, by the increase of general illumination of the atmosphere, resembling the effect of the young moon."

[35] (S. 240.) Nebel im Schwan, teilweise RA. 20^{h} 49′, N.P.D. 58° 27′.

[36] (S. 241.) „Lord Rosse describes and figures this Nebula as resolved into numerous stars *with intermixed nebulae,*" sagt Sir John Herschel.

[37] (S. 241.) In den Outlines § 882 heißt es: „The whole, if not clearly resolved into stars, has a *resolvable* character, which evidently endicates its composition."

[38] (S. 242.) Es ist eine schädliche Verwirrung der Terminologie, wie Horner und Littrow, auch die Kohlensäcke Magelhaensche Flecken oder Kapwolken zu nennen.

[39] (S. 243.) Der Name Abdurrahman Sufi ist von Ulugh Beg abgekürzt aus: Abdurrahman Ebn-Omar Ebn-Mohammed Ebn-Sahl Abu'l-Hassan el-Sufi el-Razi. Ulugh Beg, der, wie Naßir-eddin, die Ptolemäischen Sternpositionen durch eigene Beobachtungen (1437) verbesserte, gesteht, aus der Arbeit des Abdurrahman Sufi 27 Positionen südlicher, in Samarkand nicht sichtbarer Sterne entlehnt zu haben.

[40] (S. 244.) Die Entdeckung des Vorgebirges der guten Hoffnung, welches Martin Behaim Terra Fragosa, nicht Cabo tormentoso nennt, geschah, sonderbar genug, als Diaz von Osten kam, aus der Bai von Algoa (südl. Br. 33° 47′, über 7° 18′ östlich von der Tafelbai).

[41] (S. 244.) Die wichtige, nicht genug beachtete Entdeckung der Südspitze des neuen Kontinentes unter 55° südl. Br. (Urdanetas Tagebuch bezeichnet die Entdeckung sehr charakteristisch durch die Worte: acabamiento de tierra, das Aufhören des Landes) gehört dem Francisco de Hoces, welcher eines der Schiffe der Expedition von Loaysa 1525 befehligte. Er sah wahrscheinlich einen Teil des Feuerlandes westlich von der Staateninsel; denn das Kap Horn liegt nach Fitz-Roy 55° 58′ 41″.

[42] (S. 245.) Ich kann aus den numerischen Angaben Dec. II, lib. 10, p. 204 und Dec. III, lib. 10, p. 232 erweisen, daß der Teil der Oceanica, in welchem der Magelhaensschen Wolken gedacht wird, zwischen 1514 und 1516, also unmittelbar nach der Expedition von Juan Diaz de Solis nach dem Rio de la Plata (damals Rio de Solis, una mar dulce), geschrieben ist. Die Breitenangabe ist sehr übertrieben.

[43] (S. 246.) So irrig waren die Ansichten der ersten Beobachter, daß der von Dominikus Cassini sehr geschätzte Jesuit Fontaney, welchem man viele wertvolle astronomische Beobachtungen aus Indien und China verdankt, noch 1685 schreibt: „Le grand et le petit Nuages sont deux choses singulières. Ils ne paroissent aucunement un amas d'étoiles comme *Praesepe Cancri*, ni même une lueur sombre, comme la Nébuleuse d'Andromède. On n'y voit presque rien avec de très grandes lunettes, quoique sans ce secours on les voye fort blancs, particulièrement le grand Nuage.“ Ich bin im Texte bei der Beschreibung der Magelhaensschen Wolken allein der Arbeit von Sir John Herschel gefolgt.

[44] (S. 249.) „Cette apparence d'un noir foncé dans la partie orientale de la Croix du sud, qui frappe la vue de tous ceux qui regardent le ciel austral, est causée par la vivacité de la blancheur de la voie lactée, qui renferme l'espace noir et l'entoure de tous côtés.“ La Caille in den Mémoires de l'Academie des Sciences, Année 1755 (Par. 1761), p. 199.

[45] (S. 249.) „When we see,“ sagt Sir John Herschel, „in the Coal-sack (near *α Crucis*) a sharply defined oval space free from stars, it would seem much less probable that a conical or *tubular* hollow traverses the whole of a starry stratum, continuously extended from the eye outwards, than that a *distant* mass of comparatively moderate thickness should be simply perforated from side to side .....“

β. Sonnengebiet.

Planeten und ihre Monde, Kometen, Ring des Tierkreislichtes und Schwärme der Meteorasteroiden.

Wenn wir in dem uranologischen Teile der physischen Weltbeschreibung von dem Fixsternhimmel zu unserem Sonnen- und Planetensystem herabsteigen, so gehen wir von dem Großen und Universellen zu dem relativ Kleinen und Besonderen über. Das Gebiet der Sonne ist das Gebiet eines einzelnen Fixsternes unter den Millionen derer, welche uns das Fernrohr an dem Firmamente offenbart; es ist der beschränkte Raum, in welchem sehr verschiedenartige Weltkörper, der unmittelbaren Anziehung eines Centralkörpers gehorchend, in engeren oder weiteren Bahnen um diesen kreisen, sei es einzeln oder wiederum von anderen ihnen ähnlichen umgeben. Unter den Sternen, deren Anordnung wir in dem siderischen Teile der Uranologie zu behandeln versucht haben, zeigt allerdings auch eine Klasse jener Millionen teleskopischer Fixsterne, die Klasse der Doppelsterne, partikuläre, binäre oder vielfältiger zusammengesetzte Systeme; aber trotz der Analogie ihrer treibenden Kräfte sind sie doch, ihrer Naturbeschaffenheit nach, von unserem Sonnensysteme verschieden. In ihnen bewegen sich selbstleuchtende Fixsterne um einen gemeinschaftlichen Schwerpunkt, der mit sichtbarer Materie nicht erfüllt ist; in dem Sonnensysteme kreisen dunkle Weltkörper um einen selbstleuchtenden Körper oder, um bestimmter zu reden, um einen gemeinsamen Schwerpunkt, welcher zu verschiedenen Zeiten innerhalb des Centralkörpers oder außerhalb desselben liegt. „Die große Ellipse, welche die Erde um die Sonne beschreibt, spiegelt sich ab in einer kleinen, ganz ähnlichen, in welcher der Mittelpunkt der Sonne um den gemeinschaftlichen Schwer-

punkt der Erde und Sonne herumgeht.“ Ob die planetarischen Körper, zu denen die inneren wie die äußeren Kometen gerechnet werden müssen, außer dem Lichte, welches ihnen der Centralkörper gibt, nicht auch teilweise etwas eigenes Licht zu erzeugen fähig sind, bedarf hier, bei so allgemeinen Andeutungen, noch keiner besonderen Erwähnung.

Von der Existenz dunkler planetarischer Körper, welche um andere Fixsterne kreisen, haben wir bisher keine direkten Beweise. Die Schwäche des reflektierten Lichtes würde solche Planeten, die schon (lange vor Lambert) Kepler um jeden Fixstern vermutete, hindern, uns je sichtbar zu werden. Wenn der nächste Fixstern α Centauri, 226000 Erdweiten oder 7523 Neptunsweiten, ein sich sehr weit entfernender Komet, der von 1680, welchem man (freilich nach sehr unsicheren Fundamenten) einen Umlauf von 8800 Jahren zuschreibt, im Aphel 28 Neptunsweiten von unserem Sonnenkörper absteht, so ist die Entfernung des Fixsternes α Centauri noch 270mal größer als unser Sonnengebiet bis zum Aphel jenes fernsten Kometen. Wir sehen das reflektierte Licht des Neptun in 30 Erdweiten. Würden, in künftig zu konstruierenden mächtigeren Teleskopen, noch drei folgende, hintereinander stehende Planeten erkannt, etwa in der Ferne von 100 Erdweiten, so ist dies noch nicht der 8. Teil der Entfernung bis zum Aphel des genannten Kometen, noch nicht der 2200. Teil [1] der Entfernung, in welcher wir das reflektierte Licht eines etwa um α Centauri kreisenden Trabanten teleskopisch empfangen sollten. Ist aber überhaupt die Annahme von Fixsterntrabanten so unbedingt notwendig? Wenn wir einen Blick werfen auf die niederen Partikularsysteme innerhalb unseres großen Planetensystemes, so finden wir, trotz der Analogieen, welche die von vielen Trabanten umkreisten Planeten darbieten können, auch andere Planeten, Merkur, Venus, Mars, die gar keinen Trabanten haben. Abstrahieren wir von dem bloß Möglichen und beschränken uns auf das wirklich Erforschte, so werden wir lebhaft von der Idee durchdrungen, daß das Sonnensystem, besonders in der großen Zusammensetzung, welche die letzten Jahrzehnte uns enthüllt haben, das reichste Bild gewährt von den leicht zu erkennenden unmittelbaren Beziehungen vieler Weltkörper zu einem einzigen.

Der beschränktere Raum des Planetensystemes gewährt gerade wegen dieser Beschränktheit für Sicherheit und Evidenz der Resultate in der messenden und rechnenden Astro-

nomie unbestreitbare Vorzüge vor den Ergebnissen aus der Betrachtung des Fixsternhimmels. Vieles von diesen gehört nur der beschauenden Astronomie in dem Gebiete der Sternschwärme und Nebelgruppen, wie in der auf so unsicheren Fundamenten beruhenden photometrischen Reihung der Gestirne an. Der sicherste und glänzendste Teil der Astrognosie ist die in unserer Zeit so überaus vervollkommnete und vermehrte Bestimmung der Positionen in RA. und Dekl., sei es von einzelnen Fixsternen oder von Doppelsternen, Sternhaufen und Nebelflecken. Auch bieten schwierige, aber in höherem oder niederem Grade genau meßbare Verhältnisse dar: die eigene Bewegung der Sterne, die Elemente, nach denen ihre Parallaxe ergründet wird, die teleskopischen Sterneichungen, welche auf die räumliche Verteilung der Weltkörper leiten, die Perioden von veränderlichen Sternen und der langsame Umlauf der Doppelsterne. Was seiner Natur nach sich der eigentlichen Messung entzieht, wie die relative Lage und Gestaltung von Sternschichten oder Ringen von Sternen, die Anordnung des Weltbaues, die Wirkungen gewaltsam umändernder Naturgewalten im Auflodern oder Verlöschen sogenannter neuer Sterne, regt um so tiefer und lebendiger an, als es das anmutige Nebelland der Phantasie berührt.

Wir enthalten uns vorsätzlich in den nächstfolgenden Blättern aller Betrachtungen über die Verbindung unseres Sternensystemes mit den Systemen der anderen Fixsterne; wir kommen nicht wieder zurück auf die Fragen von der Unterordnung und Gliederung der Systeme, die, man möchte sagen, aus intellektuellen Bedürfnissen sich uns aufdrängen; auf die Frage, ob unser Centralkörper, die Sonne, nicht selbst in planetarischer Abhängigkeit zu einem höheren Systeme stehe, vielleicht gar nicht einmal als Hauptplanet, sondern nur der Trabant eines Planeten, wie unsere Jupitersmonde. Beschränkt auf den mehr heimischen Boden, auf das Sonnengebiet, haben wir uns des Vorzuges zu erfreuen, daß, mit Ausnahme dessen, was sich auf die Deutung des Oberflächenansehens oder gasförmiger Umhüllungen der kreisenden Weltkörper, den einfachen oder geteilten Schweif der Kometen, auf den Ring des Zodiakallichtes oder das rätselhafte Erscheinen der Meteorasteroiden bezieht, fast alle Resultate der Beobachtung einer Zurückführung auf Zahlenverhältnisse fähig sind, alle sich als Folgerung aus streng zu prüfenden Voraussetzungen

darbieten. Nicht die Prüfung dieser Voraussetzungen selbst gehört in den Entwurf einer physischen Weltbeschreibung, sondern die methodische Zusammenstellung numerischer Resultate. Sie sind das wichtige Erbteil, welches, immerdar wachsend, ein Jahrhundert dem anderen überträgt. Eine Tabelle, die Zahlenelemente der Planeten (mittlere Entfernung von der Sonne, siderische Umlaufszeit, Exzentrizität der Bahn, Neigung gegen die Ekliptik, Durchmesser, Masse und Dichtigkeit) umfassend, bietet jetzt in einem überkleinen Raume den Stand der geistigen Errungenschaften des Zeitalters dar. Man versetze sich einen Augenblick in das Altertum zurück, man denke sich Philolaus den Pythagoreer, Lehrer des Plato, den Aristarch von Samos oder Hipparchus im Besitze eines solchen mit Zahlen gefüllten Blattes oder einer graphischen Darstellung der Planetenbahnen, wie sie unsere abgekürztesten Lehrbücher darstellen, so läßt sich das bewundernde Erstaunen dieser Männer, Heroen des früheren beschränkten Wissens, nur mit dem vergleichen, welches sich des Eratosthenes, des Strabo, des Claudius Ptolemäus bemächtigen würde, wenn diesen eine unserer Weltkarten (Mercators Projektion) von wenigen Zollen Höhe und Breite vorgelegt werden könnte.

Die Wiederkehr der Kometen in geschlossenen elliptischen Bahnen bezeichnet als Folge der Anziehungskraft des Centralkörpers die Grenze des Sonnengebietes. Da man aber ungewiß bleibt, ob nicht einst noch Kometen erscheinen werden, deren große Achse länger gefunden wird, als die der schon erschienenen und berechneten Kometen, so geben diese in ihrem Aphel nur die Grenze, bis zu welcher das Sonnengebiet zum wenigsten reicht. Das Sonnengebiet wird demnach charakterisiert durch die sichtbaren und meßbaren Folgen eigener einwirkender Centralkräfte, durch die Weltkörper (Planeten und Kometen), welche in geschlossenen Bahnen um die Sonne kreisen und durch enge Bande an sie gefesselt bleiben. Die Anziehung, welche die Sonne jenseits dieser wiederkehrenden Weltkörper auf andere Sonnen (Fixsterne) in weiteren Räumen ausübt, gehört nicht in die Betrachtungen, die uns hier beschäftigen.

Das Sonnengebiet umfaßt nach dem Zustand unserer Kenntnisse am Schluß des halben neunzehnten Jahrhunderts, und wenn man die Planeten nach Abständen von dem Centralkörper ordnet:

22 **Hauptplaneten** (**Merkur, Venus, Erde, Mars,** Flora, Victoria, Vesta, Iris, Metis, Hebe, Parthenope, Irene, Asträa, Egeria, Juno, Ceres, Pallas, Hygea, **Jupiter, Saturn, Uranus, Neptun**);

21 **Trabanten** (einen der Erde, 4 des Jupiter, 8 des Saturn, 6 des Uranus, 2 des Neptun);

197 **Kometen,** deren Bahn berechnet ist, darunter 6 innere, d. h. solche, deren Aphel von der äußersten Planetenbahn, der des Neptun, umschlossen ist; sodann mit vieler Wahrscheinlichkeit;

den **Ring des Tierkreislichtes,** vielleicht zwischen der Venus- und Marsbahn liegend; und nach der Meinung vieler Beobachter:

die **Schwärme der Meteorasteroiden,** welche die Erdbahn vorzugsweise in gewissen Punkten schneiden.

Bei der Aufzählung der 22 Hauptplaneten, von welchen nur 6 bis zum 13. März 1781 bekannt waren, sind die 14 kleinen Planeten (bisweilen auch Koplaneten und Asteroiden genannt und in untereinander verschlungenen Bahnen zwischen Mars und Jupiter liegend) durch weiteren Druck von den 8 größeren Planeten unterschieden worden.

In der neueren Geschichte planetarischer Entdeckungen sind Hauptepochen gewesen: das Auffinden des Uranus, als des ersten Planeten jenseits der Saturnsbahn, von William Herschel zu Bath am 13. März 1781 erkannt durch Scheibenform und Bewegung, das Auffinden der Ceres, des ersten der kleinen Planeten, am 1. Janur 1801 durch Piazza zu Palermo, die Erkennung des ersten inneren Kometen durch Encke zu Gotha im August 1819, und die Verkündigung der Existenz des Neptun vermittelst planetarischer Störungsberechnungen durch le Verrier zu Paris im August 1846, wie die Entdeckung des Neptun durch Galle zu Berlin am 23. September 1846. Jede dieser wichtigen Entdeckungen hat nicht bloß die unmittelbare Erweiterung und Bereicherung unseres Sonnensystemes zur Folge gehabt, sie hat auch zu zahlreichen ähnlichen Entdeckungen veranlaßt, zur Kenntnis von 5 anderen inneren Kometen (durch Biela, Faye, de Vico, Brorsen und d'Arrest zwischen 1826 und 1851), wie von 13 kleinen Planeten, unter denen von 1801 bis 1807 drei (Pallas, Juno und Vesta) und, nach einer Unterbrechung von vollen 38 Jahren, seit Henckes glücklicher und auch beabsichtigter Entdeckung der

Asträa am 8. Dezember 1845, in schneller Folge durch Hencke, Hind, Graham und de Gasparis von 1845 bis Mitte 1851 neun aufgefunden worden sind. Die Aufmerksamkeit auf die Kometenwelt ist so gestiegen, daß in den letzten 11 Jahren die Bahnen von 33 neuentdeckten Kometen berechnet wurden, also nahe ebensoviel als in den 40 vorhergehenden Jahren dieses Jahrhunderts.

I.

Die Sonne, als Centralkörper.

Die Weltleuchte (lucerna Mundi), welche in der Mitte thront, wie Kopernikus die Sonne nennt, ist das allbelebende pulsierende Herz des Universums nach Theon dem Smyrnäer; [2] sie ist der Urquell des Lichtes und der strahlenden Wärme, der Erreger vieler irdischen elektromagnetischen Prozesse, ja des größeren Teiles der organischen Lebensthätigkeit, besonders der vegetabilischen, auf unserem Planeten. Die Sonne bringt, wenn man ihre Kraftäußerungen in der größten Verallgemeinerung bezeichnen will, Veränderungen auf der Oberfläche der Erde hervor, teils durch Massenattraktion, wie in der Ebbe und Flut des Ozeans, wenn man von der ganzen Wirkung den Teil abzieht, welcher der Lunaranziehung gehört, teils durch licht- und wärmeerregende Wallungen (Transversalschwingungen) des Aethers, wie in der befruchtenden Vermischung der Luft- und Wasserhüllen des Planeten (bei dem Kontakt der Atmosphäre mit dem verdunstenden flüssigen Elemente im Meere, in Landseen und Flüssen). Sie wirkt in den durch Wärmeunterschiede erregten atmosphärischen und ozeanischen Strömungen, deren letztere seit Jahrtausenden fortfahren (doch in schwächerem Grade) Geröllschichten aufzuhäufen oder entblößend mit sich fortzureißen und so die Oberfläche des angeschwemmten Landes umzuwandeln; sie wirkt in der Erzeugung und Unterhaltung der elektromagnetischen Thätigkeit der Erdrinde und der des Sauerstoffgehaltes der Atmosphäre, bald still und sanft chemische Ziehkräfte erzeugend und das organische Leben mannigfach in der Endosmose der Zellenwandung, in dem Gewebe der Muskel- und Nervenfaser bestimmend, bald Lichtprozesse im Luftkreise (farbig flammendes Polarlicht, Donnerwetter, Orkane und Meersäulen) hervorrufend.

Haben wir hier versucht, die solaren Einflüsse, insofern sie sich nicht auf die Achsenstellung und Bahn unseres Weltkörpers beziehen, in ein Gemälde zusammenzudrängen, so ist es, um durch Darstellung des Zusammenhanges großer und auf den ersten Blick heterogen scheinender Phänomene recht überzeugend zur Anschauung zu bringen, wie die physische Natur in dem Buche vom Kosmos als ein durch innere, oft sich ausgleichende Kräfte bewegtes und belebtes Ganzes zu schildern sei. Aber die Lichtwellen wirken nicht bloß zersetzend und wieder bindend auf die Körperwelt, sie rufen nicht bloß hervor aus der Erde die zarten Keime der Pflanzen, erzeugen den Grünstoff (Chlorophyll) in den Blättern und färben duftende Blüten, sie wiederholen nicht bloß tausend- und aber tausendfach reflektierte Bilder der Sonne im anmutigen Spiel der Welle wie im bewegten Grashalm der Wiese, das Himmelslicht in den verschiedenen Abstufungen seiner Intensität und Dauer steht auch in geheimnisvollem Verkehr mit dem Inneren des Menschen, mit seiner geistigen Erregbarkeit, mit der trüben oder heiteren Stimmung des Gemütes. Caeli tristitiam discutit Sol et humani nubila animi serenat (Plin., Hist. Nat. II, 6).

Bei jedem der zu beschreibenden Weltkörper lasse ich die numerischen Angaben dem vorangehen, was hier, mit Ausnahme der Erde, von ihrer physischen Beschaffenheit wird beizubringen sein. Die Anordnung der Resultate in Zahlen ist ungefähr dieselbe wie in der vortrefflichen „Uebersicht des Sonnensystems“ von Hansen, doch mit numerischen Veränderungen und Zusätzen, da seit dem Jahre 1837, in dem Hansen schrieb, elf Planeten und drei Trabanten entdeckt worden sind.

Die mittlere Entfernung des Centrums der Sonne von der Erde ist nach Enckes nachträglicher Korrektion der Sonnenparallaxe (Abhandl. der Berl. Akad. 1835, S. 309) 20682000 geogr. Meilen, deren 15 auf einen Grad des Erdäquators gehen und deren jede nach Bessels Untersuchung von zehn Gradmessungen (Kosmos Bd. I, S. 291) genau 3807,23 Toisen oder 22843,38 Pariser Fuß zählt.

Das Licht braucht, um von der Sonne auf die Erde zu gelangen, d. i. um den Halbmesser der Erdbahn zu durchlaufen, nach den Aberrationsbeobachtungen von Struve 8′ 17,78″ (Kosmos Bd. III, S. 64 und 89, Anm. 28), weshalb der wahre Ort der Sonne dem scheinbaren um 20,445″ voraus ist.

Der scheinbare Durchmesser der Sonne in der mittleren Entfernung derselben von der Erde ist 32′ 1,8″, also nur 54,8″ größer als die Mondscheibe in mittlerer Entfernung von uns. Im Perihel, wenn wir im Winter der Sonne am nächsten sind, hat sich der scheinbare Sonnendurchmesser vergrößert bis 32′ 34,6″; im Aphel, wenn wir im Sommer von der Sonne am fernsten sind, ist der scheinbare Sonnendurchmesser verkleinert bis 31′ 30,1″.

Der wahre Durchmesser der Sonne ist 192 700 geographische Meilen (1385 300 km), oder mehr denn 112mal [3] größer als der Durchmesser der Erde.

Die Sonnenmasse ist nach Enckes Berechnung der Pendelformel von Sabine das 359 551fache der Erdmasse oder das 355 499fache von Erde und Mond zusammen (Vierte Abh. über den Kometen von Pons in den Schriften der Berl. Akad. 1842, S. 5); demnach ist die Dichtigkeit der Sonne nur ungefähr $^1/_4$ (genauer 0,252) der Dichtigkeit der Erde.

Die Sonne hat an 600mal mehr Volum und nach Galle 738mal mehr Masse als alle Planeten zusammengenommen. Um gewissermaßen ein sinnliches Bild von der Größe des Sonnenkörpers zu entwerfen, hat man daran erinnert, daß, wenn man sich die Sonnenkugel ganz ausgehöhlt und die Erde im Centrum denkt, noch Raum für die Mondbahn sein würde, wenn auch die halbe Achse der Mondbahn um mehr als 4000 geographische Meilen (296 817 km) verlängert würde.

Die Sonne dreht sich in 25 $^1/_2$ Tagen um ihre Achse. Der Aequator ist um 7 $^1/_4$ ° gegen die Ekliptik geneigt. Nach Laugiers sehr sorgfältigen Beobachtungen (Comptes rendus de l'Acad. des Sciences T. XV, 1842, p. 941) ist die Rotationszeit 25,34 Tage (oder 25^{T} 8^{h} 9′) und die Neigung des Aequators 7 ° 9′.

Die Vermutungen, zu denen die neuere Astronomie allmählich über die physische Beschaffenheit der Oberfläche der Sonne gelangt ist, gründen sich auf lange und sorgfältige Beobachtung der Veränderungen, welche in der selbstleuchtenden Scheibe vorgehen. Die Reihenfolge und der Zusammenhang dieser Veränderungen (der Entstehung der Sonnenflecken, des Verhältnisses der Kernflecke von tiefer Schwärze zu den sie umgebenden aschgrauen Höfen oder Penumbren) hat auf die Annahme geleitet, daß der Sonnenkörper selbst fast ganz dunkel, aber in einer großen Entfernung von einer Lichthülle

umgeben sei, daß in der Lichthülle durch Strömungen von unten nach oben trichterförmige Oeffnungen entstehen, und daß der schwarze Kern der Flecken ein Teil des dunklen Sonnenkörpers selbst sei, welcher durch jene Oeffnung sichtbar werde. Um diese Erklärung, die wir hier nur vorläufig in größter Allgemeinheit geben, für das Einzelne der Erscheinungen auf der Sonnenoberfläche befriedigender zu machen, werden in dem gegenwärtigen Zustand der Wissenschaft drei Umhüllungen der dunklen Sonnenkugel angenommen, zunächst eine innere, wolkenartige Dunsthülle, darüber die Lichthülle (Photosphäre), und über dieser (wie besonders die totale Sonnenfinsternis vom 8. Juli 1842 erwiesen zu haben scheint) eine äußere Wolkenhülle, dunkel oder doch nur wenig erleuchtet.[4]

Wie glückliche Ahnungen und Spiele der Phantasie (das griechische Altertum ist voll von solchen spät erfüllten Träumen), lange vor aller wirklichen Beobachtung, bisweilen den Keim richtiger Ansichten enthalten, so finden wir schon in der Mitte des 15. Jahrhunderts in den Schriften des Kardinals Nikolaus von Cusa, im 2. Buche De docta ignorantia, deutlich die Meinung ausgedrückt, daß der Sonnenkörper für sich nur „ein erdhafter Kern“ sei, der von einem Lichtkreise wie von einer feinen Hülle umgeben werde; daß in der Mitte (zwischen dem dunklen Kern und der Lichthülle?) sich ein Gemisch von wasserhaltigen Wolken und klarer Luft, gleich unserem Dunstkreise befinde; daß das Vermögen, ein die Vegetation auf der Erde belebendes Licht auszustrahlen, nicht dem erdigen Kern des Sonnenkörpers, sondern der Lichthülle, welche mit demselben verbunden ist, zugehöre. Diese, in der Geschichte der Astronomie bisher so wenig beachtete Ansicht der physischen Beschaffenheit des Sonnenkörpers hat viel[5] Aehnlichkeit mit den jetzt herrschenden Meinungen.

Die Sonnenflecken selbst, wie ich früher in den Geschichtsepochen der physischen Weltanschauung entwickelt habe, sind nicht von Galilei, Scheiner oder Harriot, sondern von Johann Fabricius, dem Ostfriesen, zuerst gesehen und in gedruckten Schriften beschrieben worden. Sowohl der Entdecker als auch Galilei, wie dessen Brief an den Principe Cesi (vom 25. Mai 1612) beweist, wußten, daß die Flecken dem Sonnenkörper selbst angehören; aber 10 und 20 Jahre später behaupteten fast zugleich ein Kanonikus von Sarlat, Jean Tarde, und ein belgischer Jesuit, daß die Sonnenflecken Durchgänge kleiner Planeten wären. Der eine nannte sie

Sidera Borbonia, der andere Sidera Austriaca.[6] Scheiner bediente sich zuerst bei Sonnenbeobachtungen der schon 70 Jahre früher von Apian (Bienewitz) im Astronomicum Caesareum vorgeschlagenen, auch von belgischen Piloten längst gebrauchten blauen und grünen Blendgläser, deren Nichtgebrauch viel zu Galileis Erblindung beigetragen hat.

Die bestimmteste Aeußerung über die Notwendigkeit der Annahme einer dunklen Sonnenkugel, welche von einer Lichthülle (Photosphäre) umgeben sei, finde ich, durch wirkliche Beobachtung, nach Entdeckung der Sonnenflecken hervorgerufen, zuerst bei dem großen Dominikus Cassini[7] etwa um das Jahr 1671. Nach ihm ist die Sonnenscheibe, die wir sehen, ein „Lichtozean, welcher den festen und dunklen Kern der Sonne umgibt; gewaltsame Bewegungen (Aufwallungen), die in der Lichthülle vorgehen, lassen uns von Zeit zu Zeit die Berggipfel jenes lichtlosen Sonnenkörpers sehen. Das sind die schwarzen Kerne im Centrum der Sonnenflecken". Die aschfarbenen Höfe (Penumbren), von welchen die Kerne umgeben sind, blieben damals noch unerklärt.

Eine sinnreiche und seitdem vielfach bestätigte Beobachtung, welche Alexander Wilson, der Astronom von Glasgow, an einem großen Sonnenflecken den 22. November 1769 machte, leitete ihn auf die Erklärung der Höfe. Wilson entdeckte, daß, so wie ein Flecken sich gegen den Sonnenrand hinbewegt, die Penumbra nach der gegen das Centrum der Sonne gekehrten Seite im Vergleich mit der entgegengesetzten Seite allmählich schmäler und schmäler wird. Der Beobachter schloß sehr richtig[8] aus diesen Dimensionsverhältnissen im Jahre 1774, daß der Kern des Fleckens (der durch die trichterförmige Exkavation in der Lichthülle sichtbar werdende Teil des dunklen Sonnenkörpers) tiefer liege als die Penumbra, und daß diese von den abhängigen Seitenwänden des Trichters gebildet werde. Diese Erklärungsweise beantwortete aber noch nicht die Frage, warum die Höfe am lichtesten nahe bei dem Kernflecken sind?

In seinen „Gedanken über die Natur der Sonne und die Entstehung ihrer Flecken" entwickelte, ohne Wilsons frühere Abhandlung zu kennen, unser Berliner Astronom Bode mit der ihm eigentümlichen populären Klarheit ganz ähnliche Ideen. Er hat dazu das Verdienst gehabt, die Erklärung der Penumbra dadurch zu erleichtern, daß er, fast wie in den Ahnungen des Kardinals Nikolaus von Cusa, zwischen der Photosphäre und dem dunklen Sonnenkörper noch eine wolkige Dunstschicht

annahm. Diese Hypothese von zwei Schichten führt zu folgenden Schlüssen: Entsteht in weniger häufigen Fällen in der Photosphäre allein eine Oeffnung und nicht zugleich in der trüben unteren, von der Photosphäre sparsam erleuchteten Dunstschicht, so reflektiert diese ein sehr gemäßigtes Licht gegen den Erdbewohner, und es entsteht eine graue Penumbra, ein bloßer Hof ohne Kern. Erstreckt sich aber, bei stürmischen meteorologischen Prozessen an der Oberfläche des Sonnenkörpers, die Oeffnung durch beide Schichten (durch die Licht- und die Wolkenhülle) zugleich, so erscheint in der aschfarbigen Penumbra ein Kernflecken, „welcher mehr oder weniger Schwärze zeigt, je nachdem die Oeffnung in der Oberfläche des Sonnenkörpers sandiges oder felsiges Erdreich oder Meere trifft". Der Hof, welcher den Kern umgibt, ist wieder ein Teil der äußeren Oberfläche der Dunstschicht, und da diese wegen der Trichterform der ganzen Exkavation weniger geöffnet ist als die Photosphäre, so erklärt der Weg der Lichtstrahlen, welche zu beiden Seiten an den Rändern der unterbrochenen Hüllen hinstreifen und zu dem Auge des Beobachters gelangen, die von Wilson zuerst aufgefundene Verschiedenheit in den gegenüberstehenden Breiten der Penumbra, je nachdem der Kernflecken sich von dem Centrum der Sonnenscheibe entfernt. Wenn, wie Laugier mehrmals bemerkt hat, sich der Hof über den schwarzen Kernflecken selbst hinzieht und dieser gänzlich verschwindet, so ist die Ursache davon die, daß nicht die Photosphäre, aber wohl die Dunstschicht unter derselben ihre Oeffnung geschlossen hat.

Ein Sonnenflecken, der im Jahre 1779 mit bloßen Augen sichtbar war, leitete glücklicherweise William Herschels gleich geniale Beobachtungs- und Kombinationsgabe auf den Gegenstand, welcher uns hier beschäftigt. Wir besitzen die Resultate seiner großen Arbeit, die das Einzelnste in einer sehr bestimmten von ihm festgesetzten Nomenklatur behandelt, in zwei Jahrgängen der Philosophical Transactions, von 1795 und 1801. Wie gewöhnlich geht der große Mann auch hier wieder seinen eigenen Weg; er nennt bloß einmal Alexander Wilson. Das Allgemeine der Ansicht ist identisch mit der von Bode, seine Konstruktion der Sichtbarkeit und Dimensionen des Kernes und der Penumbra (Philos. Transact. 1801, p. 270 und 318, Tab. XVIII, fig. 2) gründet sich auf die Annahme einer Oeffnung in zwei Umhüllungen; aber zwischen der Dunsthülle und dem dunklen Sonnenkörper setzt er noch (p. 302) eine helle Luftatmosphäre (clear and transparent),

in welcher die dunklen oder wenigstens nur durch Reflex schwach erleuchteten Wolken etwa 70—80 geogr. Meilen (520 bis 600 km) hoch hängen. Eigentlich scheint William Herschel geneigt, auch die Photosphäre nur als eine Schicht unzusammenhängender phosphorischer Wolken von sehr rauher (ungleicher) Oberfläche zu betrachten. Ein elastisches Fluidum unbekannter Natur scheint ihm aus der Rinde oder von der Oberfläche des dunklen Sonnenkörpers aufzusteigen und in den höchsten Regionen bei einer schwachen Wirkung nur kleine Lichtporen, bei heftiger, stürmischer Wirkung große Oeffnungen und mit ihnen Kernflecken, die von Höfen (shallows) umgeben sind, zu erzeugen. [9]

Die selten runden, fast immer eingerissen eckigen, durch einspringende Winkel charakterisierten schwarzen Kernflecken sind oft von Höfen umgeben, welche dieselbe Figur in vergrößertem Maßstabe wiederholen. Es ist kein Uebergang der Farbe des Kernfleckens in den Hof oder des Hofes, welcher bisweilen farbig ist, in die Photosphäre bemerkbar. Capocci und ein sehr fleißiger Beobachter, Pastorff (zu Buchholz in der Mark), haben die eckigen Formen der Kerne sehr genau abgebildet (Schum. Astr. Nachr. Nr. 115, S. 316, Nr. 133, S. 291 und Nr. 144, S. 471). William Herschel und Schwabe sahen die Kernflecke durch glänzende Lichtadern, ja wie durch Lichtbrücken (luminous bridges) geteilt, Phänomene wolkenartiger Natur aus der zweiten, die Höfe erzeugenden Schicht. Solche sonderbare Gestaltungen, wahrscheinlich Folgen aufsteigender Ströme, die tumultuarischen Entstehungen von Flecken, Sonnenfackeln, Furchen und hervorragenden Streifen (Kämmen von Lichtwällen) deuten nach dem Astronomen von Slough auf starke Lichtentbindung; dagegen deutet nach ihm „Abwesenheit von Sonnenflecken und der sie begleitenden Erscheinungen auf Schwäche der Kombustion und daher minder wohlthätige Wirkung auf die Temperatur unseres Planeten und das Gedeihen der Vegetation.“ Durch diese Ahnungen wurde William Herschel zu dem Versuche geleitet, die Abwesenheit von Sonnenflecken in den Jahren 1676 bis 1684 (nach Flamsteed), von 1686 bis 1688 (nach Dominikus Cassini), von 1695 bis 1700, von 1795 bis 1800 mit den Kornpreisen und den Klagen über schlechte Ernten zu vergleichen. Leider! wird es aber immer an der Kenntnis numerischer Elemente fehlen, auf welche sich auch nur eine mutmaßliche Lösung eines solchen Problems gründen könnte, nicht etwa

bloß, wie der immer so umsichtige Astronom selbst bemerkt, weil die Kornpreise in einem Teile von Europa nicht den Maßstab für den Vegetationszustand des ganzen Kontinentes abgeben können, sondern vorzüglich, weil aus der Verminderung der mittleren Jahrestemperatur, sollte sie auch ganz Europa umfassen, sich keineswegs auf eine geringere Quantität Wärme schließen läßt, welche in demselben Jahre der Erdkörper von der Sonne empfangen hat. Aus Doves Untersuchungen über die nicht periodischen Temperaturänderungen ergibt sich, daß Witterungsgegensätze stets seitlich (zwischen fast gleichen Breitenkreisen) nebeneinander liegen. Unser Kontinent und der gemäßigte Teil von Nordamerika bilden in der Regel solch einen Gegensatz. Wenn wir hier strenge Winter erleiden, so sind sie dort milde und umgekehrt: — Kompensationen in der räumlichen Wärmeverteilung, welche da, wo nahe ozeanische Verbindungen stattfinden, wegen des unbestreitbaren Einflusses der mittleren Quantität der Sommerwärme auf den Vegetationscyklus und demnach auf das Gedeihen der Cerealien, von den wohlthätigsten Folgen für die Menschheit sind.

Wie William Herschel der Thätigkeit des Centralkörpers, dem Prozesse, dessen Folgen die Sonnenflecken sind, eine Zunahme der Wärme auf dem Erdkörper zuschrieb, so hatte fast drittehalb Jahrhunderte früher Batista Baliani in einem Briefe an Galilei die Sonnenflecken als erkältende Potenzen geschildert.[10] Diesem Resultate würde sich auch nähern der Versuch, welchen der fleißige Astronom Gautier in Genf gemacht hatte, vier Perioden von vielen und wenigen Flecken auf der Sonnenscheibe (von 1827 bis 1843) mit den mittleren Temperaturen zu vergleichen, welche 33 europäische und 29 amerikanische Stationen ähnlicher Breiten darboten. Es offenbaren in dieser Vergleichung sich wieder, durch positive und negative Unterschiede ausgedrückt, die Gegensätze der einander gegenüberstehenden atlantischen Küsten. Die Endresultate geben aber für die erkältende Kraft, die hier den Sonnenflecken zugeschrieben wird, kaum 0,42° Cent., welche selbst für die bezeichneten Lokalitäten den Fehlern der Beobachtung und der Windrichtungen ebensogut als den Sonnenflecken zuzuschreiben sein können.

Es bleibt uns übrig, noch von einer dritten Umhüllung der Sonne zu reden, deren wir schon oben erwähnt. Sie ist die äußerste von allen, bedeckt die Photosphäre (die selbstleuchtende Lichthülle), und ist wolkig und unvollkommen durch-

scheinend. Merkwürdige Phänomene, rötliche, berg- oder flammenartige Gestalten, welche während der totalen Sonnenfinsternis vom 8. Juli 1842, wenn auch nicht zum erstenmal, doch viel deutlicher und gleichzeitig von mehreren der geübtesten Beobachter gesehen wurden, haben zu der Annahme einer solchen dritten Hülle geführt. Arago hat mit großem Scharfsinn, nach gründlicher Prüfung der einzelnen Beobachtungen, in einer eigenen Abhandlung die Motive aufgezählt, welche diese Annahme notwendig machen. Er hat gleichzeitig erwiesen, daß seit 1706 in totalen oder ringförmigen Sonnenfinsternissen bereits achtmal ähnliche rote randartige Hervorragungen beschrieben worden sind.[11] Am 8. Juli 1842 sah man, als die scheinbar größere Mondscheibe die Sonne ganz bedeckte, nicht bloß einen weißlichen[12] Schein als Krone oder leuchtenden Kranz die Mondscheibe umgeben; man sah auch, wie auf ihrem Rande wurzelnd, zwei oder drei Erhöhungen, welche einige der Beobachter mit rötlichen, zackigen Bergen, andere mit geröteten Eismassen, noch andere mit unbeweglichen, gezahnten, roten Flammen verglichen. Arago, Laugier und Mauvais in Perpignan, Petit in Montpellier, Airy auf der Superga, Schumacher in Wien und viele andere Astronomen stimmten in den Hauptzügen der Endresultate, trotz der großen Verschiedenheit der angewandten Fernröhren, vollkommen miteinander überein. Die Erhöhungen erschienen nicht immer gleichzeitig, an einigen Orten wurden sie sogar mit dem unbewaffneten Auge erkannt. Die Schätzung der Höhenwinkel fiel allerdings verschieden aus; die sicherste ist wohl die von Petit, dem Direktor der Sternwarte zu Toulouse. Sie war 1′ 45″ und würde, wenn die Erhabenheiten wirkliche Sonnenberge wären, Höhen von 10000 geogr. Meilen (74000 km) geben; das ist fast siebenmal der Durchmesser der Erde, während dieser nur 112mal im Durchmesser der Sonne enthalten ist. Die Gesamtheit der diskutierten Erscheinungen hat zu der sehr wahrscheinlichen Hypothese geführt, daß jene roten Gestalten Aufwallungen in der dritten Hülle sind, Wolkenmassen, welche die Photosphäre erleuchtet[13] und färbt. Arago, indem er diese Hypothese aufstellt, äußert zugleich die Vermutung, daß das tiefe Dunkel des blauen Himmels, welches ich selbst auf den höchsten Kordilleren mit, freilich noch bis jetzt so unvollkommenen Instrumenten gemessen, bequem Gelegenheit darbieten könne, jene bergartigen Wolken des äußersten Dunstkreises der Sonne häufig zu beobachten.[14]

Wenn man die Zone betrachtet, in welcher die Sonnenflecken am gewöhnlichsten gefunden werden (es beschreiben dieselben bloß am 8. Juni und 9. Dezember gerade, und dazu unter sich und dem Sonnenäquator parallele, nicht konkav oder konvex gekrümmte Linien auf der Sonnenscheibe), so ist es gleich charakteristisch, daß sie selten in der Aequatorialgegend von 3° nördlicher bis 3° südlicher Breite gesehen werden, ja in der Polargegend gänzlich fehlen. Sie sind im ganzen am häufigsten zwischen 11° und 15° nördlich vom Aequator und überhaupt in der nördlichen Hemisphäre häufiger, oder, wie Sömmering will, dort ferner vom Aequator zu sehen als in der südlichen Hemisphäre (Outlines § 393, Kapreise p. 433). Schon Galilei bestimmte als äußerste Grenzen nördlicher und südlicher heliozentrischer Breite 29°. Sir John Herschel erweitert diese Grenzen bis 35°, ebenso Schwabe (Schum. Astr. Nachr. Nr. 473). Einzelne Flecken hat Laugier (Comptes rendus T. XV, p. 944) bis 41°, Schwabe bis 50° aufgefunden. Zu den größten Seltenheiten gehört ein Flecken, welchen La Hire unter 70° nördlicher Breite beschreibt.

Die eben entwickelte Verteilung der Flecken auf der Sonnenscheibe, ihre Seltenheit unter dem Aequator selbst und in der Polargegend, ihre Reihung parallel dem Aequator haben Sir John Herschel zu der Vermutung veranlaßt, daß Hindernisse, welche die dritte dunstförmige äußerste Umhüllung an einigen Punkten der Entweichung der Wärme entgegensetzen kann, Strömungen in der Sonnenatmosphäre von den Polen zum Aequator erzeugen, denen ähnlich, welche auf der Erde, wegen der Geschwindigkeitsverschiedenheit unter jedem der Parallelkreise, die Ursache der Passatwinde und der Windstillen nahe am Aequator sind. Einzelne Flecken zeigen sich so permanent, daß sie, wie der große von 1779, sechs volle Monate lang immer wiederkehren. Schwabe hat dieselbe Gruppe 1840 achtmal verfolgen können. Ein schwarzer Kernflecken, welcher in der von mir so viel benutzten Kapreise von Sir John Herschel abgebildet ist, wurde durch genaue Messung so groß gefunden, daß, wenn unser ganzer Erdball durch die Oeffnung der Photosphäre wäre geworfen worden, noch auf jeder Seite ein freier Raum von mehr als 230 geogr. Meilen (1600 km) übrig geblieben wäre. Sömmering macht darauf aufmerksam, daß es an der Sonne gewisse Meridianstreifen gibt, in denen er viele Jahre lang nie einen Sonnenflecken hat entstehen sehen (Thilo, De Solis maculis a Soemme-

ringio observatis 1828, p. 22). Die so verschiedenen Angaben der Umlaufszeit der Sonne sind keineswegs der Ungenauigkeit der Beobachtung allein zuzuschreiben; sie rühren von der Eigenschaft einiger Flecken her, selbst ihren Ort auf der Scheibe zu verändern. Laugier hat diesem Gegenstand eine spezielle Untersuchung gewidmet und Flecken beobachtet, welche einzeln Rotationen von 24,28^{T} und 26,46^{T} geben würden. Unsere Kenntnis von der wirklichen Rotationszeit der Sonne kann daher nur als das Mittel aus einer großen Zahl von beobachteten Flecken gelten, welche durch Permanenz der Gestaltung und durch Unveränderlichkeit des Abstandes von anderen, gleichzeitigen Flecken Sicherheit gewähren.

Obgleich für den, welcher unbewaffneten Auges mit Absicht die Sonnenscheibe durchspäht, viel öfter deutlich Sonnenflecken erkennbar werden, als man gewöhnlich glaubt, so findet man doch bei sorgfältiger Prüfung zwischen den Anfängen des 9. und des 17. Jahrhunderts kaum zwei bis drei Erscheinungen aufgezeichnet, welchen man Vertrauen schenken kann. Ich rechne dahin: aus den zuerst einem Astronomen aus dem Benediktinerorden, später dem Eginhard zugeschriebenen Annalen der fränkischen Könige, den sogenannten achttägigen Aufenthalt des Merkur in der Sonnenscheibe im Jahre 807; den 91 Tage dauernden Durchgang der Venus durch die Sonne unter dem Kalifen Al-Motaßem im Jahre 840; die Signa in Sole im Jahre 1096 nach Staindelii Chronicon. Die Epochen von rätselhaften geschichtlichen Verdunkelungen der Sonne oder, wie man sich genauer ausdrücken sollte, von mehr oder weniger lange dauernder Verminderung der Tageshelle haben mich seit Jahren, als meteorologische oder vielleicht kosmische Erscheinungen, zu speziellen Untersuchungen[15] veranlaßt. Da große Züge von Sonnenflecken (Hevelius beobachtete dergleichen am 20. Juli 1643, welche den dritten Teil der Scheibe bedeckten) immer von vielen Sonnenfackeln[16] begleitet sind, so bin ich wenig geneigt, jene Verdunkelungen, bei denen zum Teil Sterne, wie in totalen Sonnenfinsternissen, sichtbar wurden, den Kernflecken zuzuschreiben.

Die Abnahmen des Tageslichtes, von welchen die Annalisten Kunde geben, können, glaube ich, schon ihrer vielstündigen Dauer wegen (nach du Séjours Berechnung ist die längst mögliche Dauer einer totalen Verfinsterung der Sonne für den Aequator 7′ 58″, für die Breite von Paris nur 6′ 10″),

möglicherweise in drei ganz verschiedenen Ursachen gegründet sein: 1) in dem gestörten Prozeß der Lichtentbindung, gleichsam in einer minderen Intensität der Photosphäre; 2) in Hindernissen (größerer und dichterer Wolkenbildung), welche die äußerste opake Dunsthülle, die, welche die Photosphäre umgibt, der Licht- und Wärmestrahlung der Sonne entgegensetzt; 3) in der Verunreinigung unserer Atmosphäre, wie durch verdunkelnden, meist organischen Passatstaub, durch Tintenregen oder mehrtägigen von Macgowan beschriebenen, chinesischen Sandregen. Die zweite und dritte der genannten Ursachen erfordern keine Schwächung des vielleicht elektromagnetischen Lichtprozesses (des perpetuierlichen Polarlichtes [17]) in der Sonnenatmosphäre; die letzte Ursache schließt aber das Sichtbarwerden von Sternen am Mittag aus, von dem so oft bei jenen rätselhaften, nicht umständlich genug beschriebenen Verfinsterungen die Rede ist.

Aber nicht bloß die Existenz der dritten und äußersten Umhüllung der Sonne, sondern die Vermutungen über die ganze physische Konstitution des Centralkörpers unseres Planetensystems werden bekräftigt durch Aragos Entdeckung der chromatischen Polarisation. „Ein Lichtstrahl, der viele Millionen Meilen weit aus den fernsten Himmelsräumen zu unserem Auge gelangt, verkündigt im Polariskop gleichsam von selbst, ob er reflektiert oder gebrochen sei, ob er von einem festen, von einem tropfbar flüssigen oder von einem gasförmigen Körper emaniert, er verkündigt sogar den Grad seiner Intensität." Es ist wesentlich zu unterscheiden zwischen dem natürlichen Lichte, wie es unmittelbar (direkt) der Sonne, den Fixsternen oder Gasflammen entströmt und durch Reflexion von einer Glasplatte unter einem Winkel von 35° 25′ polarisiert wird, und zwischen dem polarisierten Lichte, das als solches gewisse Substanzen (glühende, sowohl feste als tropfbar flüssige Körper) von selbst ausstrahlen. Das polarisierte Licht, welches die ebengenannten Klassen von Körpern geben, kommt sehr wahrscheinlich aus ihrem Inneren. Indem es aus einem dichteren Körper in die dünnen umgebenden Luftschichten tritt, wird es an der Oberfläche gebrochen, und bei diesem Vorgange kehrt ein Teil des gebrochenen Strahles nach dem Inneren zurück und wird durch Reflexion polarisiertes Licht, während der andere Teil die Eigenschaften des durch Refraktion polarisierten Lichtes darbietet. Das chromatische Polariskop unterscheidet beide durch die entgegen-

gesetzte Stellung der farbigen Komplementarbilder. Mittels sorgfältiger Versuche, die über das Jahr 1820 hinausreichen, hat Arago erwiesen, daß ein glühender fester Körper (z. B. eine rotglühende eiserne Kugel) oder ein leuchtendes, geschmolzenes, fließendes Metall in Strahlen, die in perpendikularer Richtung ausströmen, bloß natürliches Licht geben, während die Lichtstrahlen, welche unter sehr kleinen Winkeln von den Rändern zu unserem Auge gelangen, polarisiert sind. Wurde nun dasselbe optische Werkzeug, durch welches man beide Lichtarten scharf voneinander unterscheidet, das Polariskop, auf Gasflammen angewendet, so war keine Polarisation zu entdecken, sollten auch die Lichtstrahlen unter noch so kleinen Winkeln emanieren. Wenn gleich selbst in den gasförmigen Körpern das Licht im Inneren erzeugt wird, so scheint doch bei der so geringen Dichtigkeit der Gasschichten weder der längere Weg die sehr obliquen Lichtstrahlen an Zahl und Stärke zu schwächen, noch der Austritt an der Oberfläche, der Uebergang in ein anderes Medium, Polarisation durch Refraktion zu erzeugen. Da nun die Sonne ebenfalls keine Spur von Polarisation zeigt, wenn man das Licht, welches in sehr obliquer Richtung unter bedeutend kleinen Winkeln von den Rändern ausströmt, im Polariskop untersucht, so folgt aus dieser wichtigen Vergleichung, daß das, was in der Sonne leuchtet, nicht aus dem festen Sonnenkörper, nicht aus etwas tropfbar Flüssigem, sondern aus einer gasförmigen selbstleuchtenden Umhüllung kommt. Wir haben hier eine materielle physische Analyse der Photosphäre.

Dasselbe Instrument hat aber auch zu dem Schlusse geführt, daß die Intensität des Lichtes in dem Centrum der Sonnenscheibe nicht größer als die der Ränder ist. Wenn die zwei komplementaren Farbenbilder der Sonne, das rote und blaue, so übereinander geschoben werden, daß der Rand des einen Bildes auf das Centrum des anderen fällt, so entsteht ein vollkommenes Weiß. Wäre die Intensität des Lichtes in den verschiedenen Teilen der Sonnenscheibe nicht dieselbe, wäre z. B. das Centrum der Sonne leuchtender als der Rand, so würde, bei dem teilweisen Decken der Bilder, in dem gemeinschaftlichen Segmente des blauen und roten Diskus nicht ein reines Weiß, sondern ein blasses Rot erscheinen, weil die blauen Strahlen nur vermögend wären, einen Teil der häufigeren roten Strahlen zu neutralisieren. Erinnern wir uns nun wieder, daß in der gasförmigen Photosphäre der Sonne,

ganz im Gegensatz mit dem, was in festen oder tropfbar flüssigen Körpern vorgeht, die Kleinheit der Winkel, unter welchen die Lichtstrahlen emanieren, nicht ihre Zahl an den Rändern vermindert, so würde, da derselbe Visionswinkel an den Rändern eine größere Menge leuchtender Punkte umfaßt, als in der Mitte der Scheibe, nicht auf die Kompensation zu rechnen sein, welche, wäre die Sonne eine leuchtende eiserne Kugel, also ein fester Körper, an den Rändern zwischen den entgegengesetzten Wirkungen der Kleinheit des Strahlungswinkels und des Umfassens einer größeren Zahl von Lichtpunkten unter demselben Visionswinkel stattfände. Die selbstleuchtende gasförmige Umhüllung, d. i. die uns sichtbare Sonnenscheibe, müßte sich also im Widerspruch mit den Anzeigen des Polariskops, welches den Rand und die Mitte von gleicher Intensität gefunden, leuchtender in dem Centrum als an dem Rande darstellen. Daß dem nicht so ist, wird der äußersten, trüben Dunsthülle zugeschrieben, welche die Photosphäre umgibt, und das Licht vom Centrum minder dämpft als die auf langem Wege die Dunsthülle durchschneidenden Lichtstrahlen der Ränder.[18] Bouguer und Laplace, Airy und Sir John Herschel sind den hier entwickelten Ansichten meines Freundes entgegen; sie halten die Intensität des Lichtes der Ränder für schwächer als die des Centrums, und der zuletzt genannte unter den berühmten Physikern und Astronomen erinnert,[19] „daß, nach den Gesetzen des Gleichgewichtes, diese äußere Dunsthülle eine mehr abgeplattete, sphäroidische Gestalt haben müsse als die darunter liegenden Hüllen, ja daß die größere Dicke, welche der Aequatorialgegend zukommt, einen Unterschied in der Quantität der Lichtausstrahlung hervorbringen möchte“. Arago ist in diesem Augenblick mit Versuchen beschäftigt, durch die er nicht bloß seine eigenen Ansichten prüfen, sondern auch die Resultate der Beobachtung auf genaue numerische Verhältnisse zurückführen wird.

Die Vergleichung des Sonnenlichtes mit den zwei intensivsten künstlichen Lichtern, welche man bisher auf der Erde hat hervorbringen können, gibt, nach dem noch so unvollkommenen Zustande der Photometrie, folgende numerische Resultate: In den scharfsinnigen Versuchen von Fizeau und Foucault war Drummonds Licht (hervorgebracht durch die Flamme der Oxhydrogenlampe, auf Kreide gerichtet), zu dem der Sonnenscheibe wie 1 zu 146. Der leuchtende Strom, welcher in Davys Experiment zwischen zwei Kohlenspitzen

mittels einer Bunsenschen Säule erzeugt wird, verhielt sich bei 46 kleineren Platten zum Sonnenlichte wie 1 zu 4,2, bei Anwendung sehr großer Platten aber wie 1 zu 2,5; er war also noch nicht dreimal schwächer als Sonnenlicht.[20] Wenn man heute noch nicht ohne Erstaunen vernimmt, daß Drummonds blendendes Licht, auf die Sonnenscheibe projiziert, einen schwarzen Flecken bildet, so erfreut man sich zweifach der Genialität, mit der Galilei schon 1612 durch eine Reihe von Schlüssen[21] über die Kleinheit der Entfernung von der Sonne, in welcher die Scheibe der Venus am Himmelsgewölbe nicht mehr dem bloßen Auge sichtbar ist, zu dem Resultate gelangt war, daß der schwärzeste Kern der Sonnenflecken leuchtender sei als die hellsten Teile des Vollmondes.

William Herschel schätzte (die Intensität des ganzen Sonnenlichts zu 1000 gesetzt) die Höfe oder Penumbren der Sonnenflecken im Mittel zu 469 und den schwarzen Kernfleck selbst zu 7. Nach dieser, wohl nur sehr mutmaßlichen Angabe besäße, da man die Sonne nach Bouguer für 300000mal lichtstärker als den Vollmond hält, ein schwarzer Kernfleck noch über 2000mal mehr Licht als der Vollmond. Der Grad der Erleuchtung der von uns gesehenen Kernflecken, d. i. des an sich dunklen Körpers der Sonne, erleuchtet durch Reflex von den Wänden der geöffneten Photosphäre, von der inneren, die Penumbren erzeugenden Dunsthülle, und durch das Licht der irdischen Luftschichten, durch die wir sehen, hat sich auch auf eine merkwürdige Weise bei einigen Durchgängen des Merkur offenbart. Mit dem Planeten verglichen, welcher uns alsdann die schwarze Nachtseite zuwendet, erschienen die nahen, dunkelsten Kernflecken in einem lichten Braungrau. Ein vortrefflicher Beobachter, Hofrat Schwabe in Dessau, ist bei dem Merkurdurchgange vom 5. Mai 1832 auf diesen Unterschied der Schwärze zwischen Planet und Kernflecken besonders aufmerksam gewesen. Mir selbst ist leider bei dem Durchgang vom 9. November 1802, welchen ich in Peru beobachtete, da ich zu anhaltend mit Abständen von den Fäden beschäftigt war, die Vergleichung entgangen, obgleich die Merkurscheibe die nahen dunklen Sonnenflecken fast berührte. Daß die Sonnenflecken bemerkbar weniger Wärme ausstrahlen als die fleckenlose Teile der Sonnenscheibe, ist schon 1815 in Amerika von dem Professor Henry zu Princeton durch seine Versuche erwiesen worden. Das Bild der Sonne und eines großen

Sonnenfleckens wurden auf einen Schirm projiziert und die Wärmeunterschiede mittels eines thermoelektrischen Apparates gemessen.

Sei es, daß die Wärmestrahlen sich von den Lichtstrahlen durch andere Längen der Transversalschwingungen des Aethers unterscheiden, oder, mit den Lichtstrahlen identisch, nur in einer gewissen Geschwindigkeit von Schwingungen, welche sehr hohe Temperaturen erzeugt, in unseren Organen die Lichtempfindung hervorbringen, so kann die Sonne doch, als Hauptquelle des Lichtes und der Wärme, auf unserem Planeten, besonders in dessen gasartiger Umhüllung, im Luftkreise, magnetische Kräfte hervorrufen und beleben. Die frühe Kenntnis thermoelektrischer Erscheinungen in kristallisierten Körpern (Turmalin, Boracit, Topas) und Oerstedts große Entdeckung (1820), nach welcher jeder von Elektrizität durchströmte Leiter während der Dauer des elektrischen Stromes bestimmte Einwirkung auf die Magnetnadel hat, offenbarten faktisch den Verkehr zwischen Wärme, Elektrizität und Magnetismus. Auf die Idee solcher Verwandtschaft gestützt, stellte der geistreiche Ampère, der allen Magnetismus elektrischen Strömungen zuschrieb, welche in einer senkrecht auf die Achsen der Magnete gerichteten Ebene liegen, die Hypothese auf, daß der Erdmagnetismus (die magnetische Ladung des Erdkörpers) durch elektrische Strömungen erzeugt werde, welche den Planeten von Ost nach West umfließen, ja daß die stündlichen Variationen der magnetischen Deklination deshalb Folge der mit dem Sonnenstand wechselnden Wärme, als des Erregers der Strömungen, sei. Die thermomagnetischen Versuche von Seebeck, in welchen Temperaturdifferenzen in den Verbindungsstellen eines Kreises (von Wismut und Kupfer oder anderen heterogenen Metallen) eine Ableitung der Magnetnadel verursachen, bestätigten Ampères Ansichten.

Eine neue, wiederum glänzende Entdeckung Faradays, deren nähere Erörterung fast mit dem Druck dieser Blätter zusammenfällt, wirft ein unerwartetes Licht über diesen wichtigen Gegenstand. Während frühere Arbeiten dieses großen Physikers lehrten, daß alle Gasarten diamagnetisch, d. h. sich ostwestlich stellend, wie Wismut und Phosphor, seien, das Sauerstoffgas aber am schwächsten, wurde durch seine letzte Arbeit, deren Anfang bis 1847 hinaufreicht, erwiesen, daß Sauerstoffgas allein unter allen Gasarten sich wie Eisen, d. h. in nordsüdlicher Achsenstellung, verhalte, ja daß das

Sauerstoffgas durch Verdünnung und Erhöhung der Temperatur von seiner paramagnetischen Kraft verliere. Da die diamagnetische Thätigkeit der anderen Bestandteile der Atmosphäre, des Stickgases und der Kohlensäure, weder durch ihre Ausdehnung, noch durch Temperaturerhöhung modifiziert wird, so ist nur die Hülle von Sauerstoff in Betrachtung zu ziehen, welche den ganzen Erdball „gleichsam wie eine große Kuppel von dünnem Eisenblech umgibt und von ihm Magnetismus empfängt". Die Hälfte der Kuppel, welche der Sonne zugekehrt ist, wird weniger paramagnetisch sein als die entgegengesetzte, und da diese Hälften durch Rotation und Revolution um die Sonne sich immerfort in ihren Grenzen räumlich verändern, so ist Faraday geneigt, aus diesen thermischen Verhältnissen einen Teil der Variationen des tellurischen Magnetismus auf der Oberfläche herzuleiten. Die durch Experimente begründete Assimilation einer einzigen Gasart, des Sauerstoffs mit dem Eisen ist eine wichtige Entdeckung unserer Zeit; sie ist um so wichtiger, als der Sauerstoff wahrscheinlich fast die Hälfte aller ponderablen Stoffe in den uns zugänglichen Teilen der Erde bildet. Ohne die Annahme magnetischer Pole in dem Sonnenkörper oder eigener magnetischer Kräfte in den Sonnenstrahlen kann der Centralkörper als ein mächtiger Wärmequell magnetische Thätigkeit auf unserem Planeten erregen.

Die Versuche, welche man gemacht hat, durch vieljährige, an einzelnen Orten angestellte, meteorologische Beobachtungen zu erweisen, daß eine Seite der Sonne (z. B. die, welche am 1. Januar 1846 der Erde zugewandt war) eine stärker wärmende Kraft als die entgegengesetzte besitze, haben ebensowenig zu sicheren Resultaten geführt, als die sogenannten Beweise der Abnahme des Sonnendurchmessers, geschlossen aus den älteren Greenwicher Beobachtungen von Maskelyne. Fester begründet aber scheint die vom Hofrat Schwabe in Dessau auf bestimmte Zahlenverhältnisse reduzierte Periodizität der Sonnenflecken.[22] Keiner der letzt lebenden Astronomen, die mit vortrefflichen Instrumenten ausgerüstet sind, hat diesem Gegenstand eine so anhaltende Aufmerksamkeit widmen können. Während des langen Zeitraums von 24 Jahren hat Schwabe oft über 300 Tage im Jahre die Sonnenscheibe durchforscht. Da seine Beobachtungen der Sonnenflecken von 1844 bis 1850 noch nicht veröffentlicht waren, so habe ich von seiner Freundschaft erlangt, daß er mir dieselben mitgeteilt, und zugleich

auf eine Zahl von Fragen geantwortet hat, die ich ihm vorgelegt. Ich schließe den Abschnitt von der physischen Konstitution unseres Centralkörpers mit dem, womit jener Beobachter den astronomischen Teil meines Buches hat bereichern wollen.

„Die in der nachfolgenden Tabelle enthaltenen Zahlen lassen wohl keinen Zweifel übrig, daß wenigstens vom Jahre 1826 bis 1850 eine Periode der Sonnenflecken von ungefähr 10 Jahren in der Art stattgefunden hat, daß ihr Maximum in die Jahre 1828, 1837 und 1848, ihr Minimum in die Jahre 1833 und 1843, gefallen ist. Ich habe keine Gelegenheit gehabt (sagt Schwabe), ältere Beobachtungen in einer fortlaufenden Reihe kennen zu lernen, stimme aber gern der Meinung bei, daß diese Periode selbst wieder veränderlich sein könne.[23]

Jahr	Gruppen	Fleckenfreie Tage	Beobachtungs-Tage
1826	118	22	277
1827	161	2	273
1828	225	0	282
1829	199	0	244
1830	190	1	217
1831	149	3	239
1832	84	49	270
1833	33	139	267
1834	51	120	273
1835	173	18	244
1836	272	0	200
1837	333	0	168
1838	282	0	202
1839	162	0	205
1840	152	3	263
1841	102	15	283
1842	68	64	307
1843	34	149	312
1844	52	111	321
1845	114	29	332
1846	157	1	314
1847	257	0	276
1848	330	0	278
1849	238	0	285
1850	186	2	308

„Große, mit unbewaffnetem Auge sichtbare Sonnenflecken beobachtete ich fast in allen den Jahren, in welchen das Minimum nicht stattfand; die größten erschienen 1828, 1829, 1831, 1836, 1837, 1838, 1839, 1847, 1848. Große Sonnenflecken nenne ich aber diejenigen, welche einen Durchmesser von mehr als 50″ haben. Diese fangen dann erst an, dem unbewaffneten, scharfsichtigen Auge sichtbar zu werden.

„Unbezweifelt stehen die Sonnenflecken in genauer Beziehung zu der Fackelbildung; ich sehe häufig sowohl nach dem Verschwinden der Flecken an demselben Orte Fackeln oder Narben entstehen, als auch in den Fackeln neue Sonnenflecken sich entwickeln. Jeder Flecken ist mit mehr oder weniger starkem Lichtgewölk umgeben. Ich glaube nicht, daß die Sonnenflecken irgend einen Einfluß auf die Temperatur des Jahres haben. Ich notiere täglich dreimal den Barometer- und Thermometerstand; die hieraus jährlich gezogenen Mittelzahlen lassen bisher keinen bemerkbaren Zusammenhang ahnen zwischen Klima und Zahl der Flecken. Wenn sich aber auch in einzelnen Fällen scheinbar ein solcher Zusammenhang zeigte, so würde derselbe doch nur dann erst von Wichtigkeit werden, wenn die Resultate aus vielen anderen Teilen der Erde damit übereinstimmten. Sollten die Sonnenflecken irgend einen geringen Einfluß auf unsere Atmosphäre haben, so würde meine Tabelle vielleicht eher darauf hindeuten, daß die fleckenreichen Jahre weniger heitere Tage zählten als die fleckenarmen. (Schumachers Astronomische Nachrichten Nr. 638, S. 221.)

„William Herschel nannte die helleren Lichtstreifen, welche sich nur gegen den Sonnenrand hin zeigen, Fackeln, Narben aber die aderartigen Stellen, welche bloß gegen die Mitte der Sonnenscheibe hin sichtbar werden (Astr. Nachr. Nr. 350, S. 243). Ich glaube mich überzeugt zu haben, daß Fackeln und Narben aus demselben geballten Lichtgewölk herrühren, welches am Sonnenrande lichtvoller hervortritt, in der Mitte der Sonnenscheibe aber, weniger hell als die Oberfläche, in der Form von Narben erscheint. Ich ziehe vor, alle helleren Stellen auf der Sonne Lichtgewölk zu nennen, und dasselbe nach seiner Gestaltung in geballtes und aderförmiges einzuteilen. Dieses Lichtgewölk ist auf der Sonne unregelmäßig verteilt, und gibt bisweilen der Scheibe bei seinem stärkeren Hervortreten ein marmoriertes Ansehen. Dasselbe ist oft am ganzen Sonnenrande, ja zuweilen bis zu den

Polen, deutlich sichtbar, jedoch immer am kräftigsten in den eigentlichen beiden Fleckenzonen, selbst in Epochen, wo diese keine Flecken haben. Alsdann erinnern beide helle Fleckenzonen der Sonne lebhaft an die Streifen des Jupiter.

„Furchen sind die zwischen dem aderförmigen Lichtgewölk befindlichen matteren Stellen der allgemeinen Sonnenoberfläche, welche stets ein chagrinartiges, grießsandiges Ansehen hat, d. h. an Sand erinnert, der aus gleich großen Körnern besteht. Auf dieser chagrinartigen Oberfläche sieht man zuweilen außerordentlich kleine mattgraue (nicht schwarze) Punkte (Poren), die wiederum mit äußerst feinen dunklen Aederchen durchzogen sind (Astr. Nachr. Nr. 473, S. 286). Solche Poren bilden, wenn sie in Masse vorhanden sind, graue, nebelartige Stellen, ja die Höfe der Sonnenflecken. In diesen sieht man Poren und schwarze Punkte meist strahlenförmig sich vom Kern aus zum Umfange des Hofes verbreiten, woraus die so oft ganz übereinstimmende Gestalt des Hofes mit der des Kernes entsteht."

Die Bedeutung und der Zusammenhang so wechselnder Erscheinungen werden sich dann erst dem forschenden Physiker in ihrer ganzen Wichtigkeit darbieten, wenn einst unter der vielmonatlichen Heiterkeit des Tropenhimmels mit Hilfe mechanischer Urbewegung und photographischer Apparate eine ununterbrochene Reihe von Darstellungen der Sonnenflecken erlangt werden kann. Die in den gasförmigen Umhüllungen des dunklen Sonnenkörpers vorgehenden meteorologischen Prozesse bewirken die Erscheinungen, welche wir Sonnenflecken und geballte Lichtwolken nennen. Wahrscheinlich sind auch dort, wie in der Meteorologie unseres Planeten, die Störungen von so mannigfaltiger und verwickelter Art, in so allgemeinen und örtlichen Ursachen gegründet, daß nur durch eine lange und nach Vollständigkeit strebende Beobachtung ein Teil der noch dunklen Probleme gelöst werden kann.

Anmerkungen.

[1] (S. 262.) Vergl. oben, wo ich nach Uranusweiten, als dem damaligen Maß der Begrenzung des Planetensystems, rechnete, Kosmos Bd. I, S. 80, 105 und 287 (Anm. 76). Wenn man den Abstand des Neptuns von der Sonne zu 30,04 Erdweiten annimmt, so ist die Entfernung des α Centauri von der Sonne noch 7523 Neptunsweiten, die Parallaxe angenommen zu 0,9128″; und doch ist die Entfernung von 61 Cygni schon fast 2½mal, die des Sirius (bei einer Parallaxe von 0,230″) 4mal größer als die von α Centauri. (Eine Neptunsweite ist ungefähr 4608 Millionen km, oder 621 Millionen geographischer Meilen, deren nach Hansen 396½ Millionen auf den Abstand des Uranus gehen. Eine Siriusweite beträgt nach Galle, bei Hendersons Parallaxe, 896 800 Halbmesser der Erdbahn = 18 547 000 Millionen geogr. Meilen = 137 626 880 Millionen km; eine Entfernung, die einem Lichtwege von 14 Jahren entspricht.) Das Aphel des Kometen von 1680 ist 44 Uranusweiten, also 28 Neptunsweiten, von der Sonne entfernt. Nach diesen Annahmen ist der Sonnenabstand des Sternes α Centauri fast 270mal größer als jenes Aphel, welches wir hier als das Minimum der sehr gewagten Schätzung von dem halben Durchmesser des Sonnengebiets betrachten (Kosmos Bd. III, S. 209). Die Angabe solcher numerischen Verhältnisse gewährt, bei geringer Anschaulichkeit, doch wenigstens den Vorteil, daß die Annahme eines sehr großen räumlichen Grundmaßes zu Resultaten führt, die in kleineren Zahlen ausgedrückt werden können.

[2] (S. 267.) „Die Sonne sei das Herz des Universums“; aus Theonis Smyrnaei Platonici liber de Astronomia ed. H. Martin 1849, p. 182 und 298: τῆς ἐμψυχίας μέσον τὸ περὶ τὸν ἥλιον, οἱονεὶ καρδίαν ὄντα τοῦ παντός, ὅθεν φέρουσιν αὐτοῦ καὶ τὴν ψυχὴν ἀρξαμένην διὰ παντὸς ἥκειν τοῦ σώματος τεταμένην ἀπὸ τῶν περάτων. (Diese neue Ausgabe ist merkwürdig, weil sie peripatetische Meinungen des Adrastus und viele platonische des Dercyllides vervollständigt.)

[3] (S. 269.) Nach neueren Messungen beträgt der Durchmesser der Sonne bloß das 109fache desjenigen der Erde. — (D. Herausg.)

[4] (S. 270.) „D'après l'état actuel le nos connaissances astronomiques le Soleil se compose: 1⁰ d'un globe central à peu près obscur; 2⁰ d'une immense couche de nuages qui est suspendue à une certaine distance de ce globe et l'enveloppe de toutes parts; 3⁰ d'une *photosphère;* en d'autres termes d'une sphère resplendissante qui enveloppe la couche nuageuse, comme celle-ci à son tour, enveloppe le noyau obscur. L'éclipse totale du 8 juillet 1842 nous a mis sur la trace d'une troisième enveloppe, située au-dessus de la *photosphère* et formée de nuages obscurs ou faiblement lumineux. — Ce sont les *nuages* de la troisième enveloppe solaire, situés en apparence, pendant l'éclipse totale, sur le contour de l'astre ou un peu en dehors, qui ont donné lieu à ces singulières proéminences rougeâtres qui en 1842 ont si vivement excité l'attention du monde savant." Arago in dem Annuaire du Bureau des Longitudes pour l'an 1846, p. 464 und 471. Auch Sir John Herschel nimmt an: „Above the luminous surface of the Sun and the region, in which the sports reside, the existence of a gaseous atmosphere having a somewhat imperfect transparency." [Nach den bisherigen, teleskopischen Wahrnehmungen gestaltet sich das Bild des Sonnenkörpers wesentlich anders, nämlich kurz so: Um den eigentlichen Sonnenkern, in den weder das Fernrohr, noch das Spektroskop einzudringen vermag, lagert sich konzentrisch die Photosphäre über diejenige Schicht, von der hauptsächlich Licht und Wärme ausgeht, und deren äußere Begrenzung die uns gewöhnlich sichtbare Oberfläche bildet. Zunächst über derselben befindet sich eine aus glühenden Gasen und Dämpfen aller Stoffe, deren Anwesenheit auf der Sonne spektroskopisch nachgewiesen ist, bestehende Atmosphäre von sehr geringer, kaum 1500 km übersteigender Höhe. Ueber dieser Schicht breitet sich die sogenannte Chromosphäre aus, welche in ihren oberen Teilen hauptsächlich aus Wasserstoffgas besteht, in den niedrigeren mit metallischen Dämpfen gefüllt ist, und darüber hinaus die in ungeheure Entfernungen sich erstreckende Corona. — D. Herausg.]

[5] (S. 270.) Es kommt zuerst darauf an, die Stellen, auf welche ich mich im Texte beziehe und durch eine lehrreiche Schrift von Clemens (Giordano Bruno und Nikolaus von Cusa 1847, S. 10) aufmerksam geworden bin, in der Originalsprache zu geben. Der Kardinal Nikolaus von Cusa (der Familienname war Khrypffs, d. i. Krebs), gebürtig aus Cues an der Mosel, sagt in dem 12. Kapitel des zweiten Buches von dem zu seiner Zeit so berühmten Traktate De docta Ignorantia: „Neque color nigredinis est argumentum vilitatis Terrae; nam in Sole si quis esset, non appareret illa claritas quae nobis; considerato enim corpore Solis, tunc habet quandam quasi terram centraliorem, et quandam luciditatem quasi ignilem

circumferentialem, et in medio quasi aqueam nubem et aërem clariorem, quemadmodum terra ista sua elementa." Daneben steht: Paradoxa und Hypni; das letzte Wort soll also hier gewiß Träumereien (ἐνύπνια), etwas Gewagtes bezeichnen. — In der langen Schrift „Exercitationes ex Sermonibus Cardinalis" finde ich wieder in einem Gleichnis: „Sicut in Sole considerari potest natura corporalis, et illa de se non est magnae virtutis (trotz der Massenanziehung oder Gravitation!) et non potest virtutem suam aliis corporibus communicare, quia non est radiosa. Et alia natura lucida illi unita, ita quod Sol ex unione utriusque naturae habet virtutem, quae sufficit huic sensibili mundo, ad vitam innovandam in vegetabilibus et animalibus, in elementis et mineralibus per suam influentiam radiosam. Sic de Christo, qui est sol justitiae . . . . ." Dr. Clemens glaubt, dies alles sei mehr als glückliche Ahnung. Es scheint ihm „schlechterdings unmöglich, daß ohne eine ziemlich genaue Beobachtung der Sonnenflecken, sowohl der dunklen Stellen in denselben, als der Halbschatten, Cusa sich an den angeführten Orten *(considerato corpore Solis; in* Sole considerari potest . . . . .) auf die Erfahrung hätte berufen können". Er vermutet, „daß der Scharfblick des Philosophen der neuesten Wissenschaft in ihren Ergebnissen vorgegriffen, und daß auf seine Ansichten Entdeckungen eingewirkt haben mögen, die erst Späteren zugeschrieben zu werden pflegen." Es ist allerdings nicht bloß möglich, sondern sogar recht wahrscheinlich, daß in Gegenden, wo die Sonne mehrere Monate verschleiert ist, wie während der garua im Litorale von Peru, selbst ungebildete Völker mit bloßen Augen Sonnenflecken gesehen haben; aber daß sie dieselben beachtet, beim Sonnendienst in ihre religiösen Mythen verflochten hätten, davon hat noch kein Reisender Kunde geben können. Die bloße und so seltene Erscheinung eines Sonnenfleckens, mit unbewaffnetem Auge in der niedrig stehenden oder dünn verschleierten, dann weißen, roten, vielleicht grünlichen Sonnenscheibe gesehen, würde selbst geübte Denker wohl nie auf die Vermutung mehrerer Umhüllungen des dunklen Sonnenkörpers geführt haben. Wenn der Kardinal Cusa etwas von Sonnenflecken gewußt hätte, würde er gewiß nicht unterlassen haben, bei den vielen Vergleichungen physischer und geistiger Dinge, zu denen er nur allzu geneigt ist, der maculae Solis zu erwähnen. Man erinnere sich nur des Aufsehens und bitteren Streites, welche im Anfang des 17. Jahrhunderts, gleich nach Erfindung des Fernrohrs, die Entdeckungen von Joh. Fabricius und Galilei erregten. An die dunkel ausgedrückten astronomischen Vorstellungen des Kardinals, der 1464, also neun Jahre eher starb, als Kopernikus geboren war, habe ich schon früher erinnert. — Die merkwürdige Stelle: Jam nobis manifestum est Terram in veritate moveri, steht in lib. II, cap. 12, De docta Ignorantia. Nach Cusa ist in jedem Teile des Himmelsraumes

alles bewegt; wir finden keinen Stern, der nicht einen Kreis beschriebe. „Terra non potest esse fixa, sed movetur ut aliae stellae." Die Erde kreist aber nicht um die Sonne, sondern Erde und Sonne kreisen, „um die ewig wechselnden Pole des Universums". Cusa ist also kein Kopernikaner, wie dies erst das so glücklich im Hospital zu Cues aufgefundene, von des Kardinals eigener Hand 1444 geschriebene Bruchstück erweist.

[6] (S. 271.) „*Borbonia Sidera*, id est planetae qui Solis lumina circumvolitant motu proprio et regulari, falso hactenus ab helioscopis Maculae Solis nuncupati, ex novis observationibus Joannis Tarde 1620." — „*Austriaca Sidera* heliocyclica astronomicis hypothesibus illigata opera Caroli Malapertii Belgae Montensis a Societate Jesu 1633." Die letztere Schrift hat wenigstens das Verdienst, Beobachtungen von einer Reihe von Sonnenflecken zwischen 1618 und 1626 zu geben. Es sind aber dieselben Jahre, für welche Scheiner in Rom eigene Beobachtungen in seiner Rosa Ursina veröffentlichte. Der Kanonikus Tarde glaubt schon darum an Durchgänge kleiner Planeten, weil das Weltauge, „l'oeil du Monde ne peut avoir des ophthalmies!" Es muß mit Recht wunder nehmen, daß 20 Jahre nach Tarde und seinen borbonischen Trabanten der um die Beobachtungskunst so verdiente Gascoigne noch die Sonnenflecken einer Konjunktion vieler um den Sonnenkörper in großer Nähe kreisender, fast durchscheinender, planetarischer Körper zuschrieb. Mehrere derselben, gleichsam übereinander gelegt, sollten schwarze Schattenbilder verursachen.

[7] (S. 271.) Obgleich Cassini schon 1671 und La Hire 1700 den Sonnenkörper für dunkel erklärt hatten, fährt man fort, in schätzbaren astronomischen Lehrbüchern die erste Idee dieser Hypothese dem verdienstvollen Lalande zuzuschreiben. Lalande, in der Ausgabe seiner Astronomie von 1792, T. III, § 3240, wie in der ersten von 1764, T. II, § 2515, bleibt bloß der alten Meinung von La Hire getreu, der Meinung: Que les taches sont les éminences de la masse solide et opaque du Soleil, recouverte communément (en entier) par le fluide igné. Zwischen 1769 und 1774 hat Alexander Wilson die erste richtige Ansicht einer trichterförmigen Oeffnung in der Photosphäre gehabt.

[8] (S. 271.) Alexander Wilson, Observ. on the Solar Spots in den Philos. Transact. Vol. LXIV, 1774, Part. 1, p. 6—13, Tab. 1. „I found that de Umbra, which before was equally broad all round the nucleus, appeared much contracted *on that part which lay towards the centre of the disc,* whilst the other parts of it remained nearly of the former dimensions. I perceived that the shady zone or umbra, which surrounded the nucleus, might be nothing else but the shelving sides of the luminous matter of the sun."

[9] (S. 273.) Die hier im Texte entwickelte Theorie W. Herschels

hat heute nur noch historisches Interesse. Mit der Anwendung der Spektralanalyse, also seit 1859, dem Todesjahre A. von Humboldts, trat die Unhaltbarkeit der ihr zu Grunde liegenden Annahmen in bestimmtester Weise hervor. — [D. Herausg.]

[10] (S. 274.) Ein offizielles Zusammenstellen von Kornteuerung und vielmonatlicher Verdunkelung der Sonnenscheibe wird in den historischen Fragmenten des älteren Cato erwähnt. Luminis caligo und defectus Solis deutet bei römischen Schriftstellern, z. B. in Erzählungen über die Verbleichung der Sonne nach dem Tode des Cäsar, keineswegs immer auf eine Sonnenfinsternis. So findet sich bei Aulus Gellius: „Verba Catonis in Originum quarto haec sunt: non libet scribere, quod in tabula apud Pontificem maximum est, quotiens anona cara, quotiens lunae an solis lumini caligo, aut quid obstiterit."

[11] (S. 275.) Diese „Protuberanzen" sind seither der Gegenstand aufmerksamer und regelmäßiger Beobachtungen geworden, zumal seitdem es gelungen ist, dieselben auch außerhalb der Sonnenfinsternisse, zu jeder Zeit untersuchen zu können. Es ergab sich daraus unzweifelhaft, daß sie solare Gebilde, lokale Anhäufungen eines glühenden, gasförmigen, hauptsächlich aus Wasserstoffgas bestehenden Mittels sind, welches die ganze Sonne umhüllt und nach Norman Lockyers Vorschlag Chromosphäre benannt worden ist. — [D. Herausg.]

[12] (S. 275.) Das ist der weißliche Schein, welcher auch in der Sonnenfinsternis vom 15. Mai 1836 gesehen ward und von welchem schon damals der große Königsberger Astronom sehr richtig sagte, „daß, als die Mondscheibe die Sonne ganz verdeckte, noch ein leuchtender Ring der Sonnenatmosphäre übrig blieb".

[13] (S. 275.) „Si nous examinions de plus près l'explication d'après laquelle les protubérances rougeâtres seraient assimilées à des nuages (de la troisième enveloppe), nous ne trouverions aucun principe de physique qui nous empêchât d'admettre que des masses nuageuses de 25 à 30000 lieues de long flottent dans l'atmosphère du Soleil, que ces masses comme certains nuages de l'atmosphère terrestre, ont des contours arrêtés, qu'elles affectent, çà et là, des formes très tourmentées, même des formes en surplomb; que la lumière solaire (la photosphère) les colore en rouge. — Si cette troisième enveloppe existe, elle donnera peut-être la clef de quelques-unes des grandes et déplorables anomalies que l'on remarque dans le cours des saisons." Arago im Annuaire pour 1846, p. 460 und 467.

[14] (S. 275.) „Tout ce qui affaiblira sensiblement l'intensité éclairante de la portion de l'atmosphère terrestre qui paraît entourer et toucher le contour circulaire du Soleil, pourra contribuer à rendre les proéminences rougeâtres visibles. Il est donc permis d'espérer qu'un astronome exercé, établi au sommet d'une très haute montagne, pourrait y

observer régulièrement les *nuages de la troisième enveloppe solaire* situés, en apparence, sur le contour de l'astre *ou un peu en dehors;* déterminer ce qu'ils ont de permanent et de variable, noter les périodes de disparition et de réapparition ...." Arago, a. a. O. p. 471.

[15] (S. 277.) Wenn es auch nicht zu leugnen ist, daß bei Griechen und Römern einzelne Individuen mit bloßem Auge große Sonnenflecken gesehen haben mögen, so scheint es doch gewiß, daß solche vereinzelte Beobachtungen nie griechische und römische Schriftsteller in den auf uns gekommenen Werken veranlaßt haben, der Erscheinung zu erwähnen. Die Stellen des Theophrast, des Aratus, Diosemea, und Proclus, in welchen Ideler, der Sohn, Bezeichnung von Sonnenflecken zu finden glaubte, besagen bloß, daß die Sonnenscheibe, die gutes Wetter bedeute, keine Verschiedenheit auf ihrer Oberfläche, nichts Bezeichnendes (μηδέ τι σῆμα φέροι), sondern völlige Gleichartigkeit zeige. Das σῆμα, die scheckige Oberfläche, wird dazu ausdrücklich leichtem Gewölk, dem atmosphärischen Dunstkreise (der Scholiast des Artus sagt: der Dicke der Luft) zugeschrieben; daher ist auch immer von Morgen- und Abendsonne die Rede, weil deren Scheiben, unabhängig von allen wirklichen Sonnenflecken, als Diaphanometer, noch gegenwärtig den Ackerbauer wie den Seemann, nach einem alten, nicht zu verachtenden Glauben, über nahe bevorstehende Wetterveränderungen belehren. Die Sonnenscheibe am Horizont gibt Aufschlüsse über den Zustand der unteren, der Erdoberfläche näheren Luftschichten. — Von den im Text bezeichneten, dem unbewaffneten Auge sichtbaren Sonnenflecken, welche man in den Jahren 807 und 840 fälschlich für Durchgänge des Merkur und der Venus gehalten hat, ist der erstere aufgeführt in der großen historischen Sammlung von Justus Reuberus, Veteres Scriptores (1726), und zwar in der Abteilung: Annales Regum Francorum Pipini, Karoli Magni et Ludovici a quodam ejus aetatis Astronomo, Ludovici regis domestico, conscripti, p. 58. Für den Verfasser dieser Annalen wurde zuerst ein Benediktinermönch (p. 28), später und mit Recht der berühmte Eginhard (Einhard, Karls des Großen Geheimschreiber) gehalten. Die Stelle heißt: „DCCCVII. stella Mercurii XVI kal. April. visa est in Sole qualis parva macula nigra, paululum superius medio centro ejusdem sideris, *quae a nobis* octo dies conspicata est; sed quando primum intravit vel exivit, nubibus impedientibus, minime notare potuimus." — Den von den arabischen Astronomen erwähnten sogenannten Durchgang der Venus führt Simon Assemanus in der Einleitung zum Globus caelestis Cufico-Arabicus Veliterni Musei Borgiani 1790, p. XXXVIII, auf: „Anno Hegyrae 225 regnante Almootasemo Chalifa visa est in Sole prope medium nigra quedam macula, idque feria tertia die decima nona Mensis Regebi ....." Man

hielt sie für den Planeten Venus, und glaubte dieselbe macula nigra (also wohl mit Unterbrechungen von 12—13 Tagen?) 91 Tage lang gesehen zu haben. Bald darauf sei Motaßem gestorben. — Von den geschichtlichen (der populären Tradition entnommenen) Nachrichten über plötzlich eintretende Abnahme der Tageshelle will ich aus den vielen von mir gesammelten Thatsachen hier folgende 17 Beispiele anführen:

45 vor Chr. Geburt: Bei dem Tode des Julius Cäsar, nach welchem ein ganzes Jahr lang die Sonne bleich und minder wärmend war, weshalb die Luft dick, kalt und trübe blieb und die Früchte nicht gediehen.

33 nach Chr. Geb.: Todesjahr des Erlösers. „Von der sechsten Stunde an ward eine Finsternis über das ganze Land bis zu der neunten Stunde.“ Nach dem Evang. Lucä Kap. 23 V. 45 „verlor die Sonne ihren Schein“. Eusebius führt zur Erklärung und Bestätigung eine Sonnenfinsternis der 202. Olympiade an, deren ein Chronikenschreiber, Phlegon von Tralles, erwähnt hatte. Wurm hat aber gezeigt, daß die dieser Olympiade zugehörige und in ganz Kleinasien sichtbare Sonnenfinsternis schon am 24. November des Jahres 29 nach Christi Geburt statthatte. Der Todestag fiel mit dem jüdischen Passahmahle zusammen, am 14. Nisan, und das Passah wurde immer zur Zeit des Vollmondes gefeiert. Die Sonne kann daher nicht durch den Mond drei Stunden lang verfinstert worden sein. Der Jesuit Scheiner glaubte die Abnahme des Lichtes einem Zuge großer Sonnenflecken zuschreiben zu dürfen.

358 am 22. August zweistündige Verfinsterung vor dem furchtbaren Erdbeben von Nikomedia, das auch viele andere Städte in Makedonien und am Pontus zerstörte. Die Dunkelheit dauerte zwei bis drei Stunden: nec contigua vel adposita cernebantur.

360: In allen östlichen Provinzen des römischen Reiches (per Eoos tractus) war caligo a primo aurorae exortu adusque meridiem: aber Sterne leuchteten, also wohl weder Aschenregen noch, bei der langen Dauer des Phänomens, Wirkung einer totalen Sonnenfinsternis, der es der Geschichtschreiber beimißt: „Cum lux coelestis operiretur, e mundi conspectu penitus luce abrepta, defecisse diutius solem pavidae mentes hominum aestimabant: primo attenuatum in lunae corniculantis effigiem, deinde in speciem auctum semenstrem, posteaque in integrum restitutum. Quod alias non evenit ita perspicue, nisi cum post inaequales cursus inter menstruum lunae ad idem revocatur.“ Die Beschreibung ist ganz die einer wirklichen Sonnenfinsternis; aber die Dauer und caligo in allen östlichen Provinzen?

409. als Alarich vor Rom erschien: Verdunkelung so, daß die Sterne bei Tage gesehen wurden.
536. Justinianus I Caesar imperavit annos triginta octo (527—565). Anno imperii nono deliquium lucis passus est Sol, quod annum integrum et duos amplius menses duravit, adeo ut parum admodum de luce ipsius appareret; dixeruntque homines Soli aliquid accidisse; quod nunquam ab eo recederet. Gregorius Abu'l-Faragius, Supplementum historiae Dynastiarum, ed. Edw. Pocock 1663, p. 94. Ein Phänomen, dem von 1783 sehr ähnlich, für das man wohl einen Namen (Höhenrauch), aber in vielen Fällen keine befriedigende Erklärung hat.
567. Justinus II annos 13 imperavit (565—578). Anno imperii ipsius secundo apparuit in coelo ignis flammans juxta polum arcticum qui annum integrum permansit; obtexeruntque tenebrae mundum ab hora diei nona noctem usque, adeo ut nemo quicquam videret; deciditque ex aêre quoddam pulveri minuto et cineri simile. Abu'l-Faragius, l. c. p. 95. Erst ein Jahr lang wie ein perpetuierlicher Nordschein (ein magnetisches Gewitter), dann Finsternis und fallender Passatstaub?
626. wieder nach Abu'l-Faragius, acht Monate lang die halbe Sonnenscheibe verfinstert geblieben.
733. Ein Jahr nachdem die Araber durch die Schlacht bei Tours über die Pyrenäen zurückgedrängt worden, ward die Sonne am 19. August auf eine schreckenerregende Weise verdunkelt.
807 ein Sonnenfleck, welchen man für den Merkur hielt.
840 vom 28. Mai bis 26. August (Assemani rechnet auffallenderweise Mai 839) der sogenannte Durchgang der Venus durch die Sonnenscheibe. (Der Kalif Al-Motaßem regierte von 834—841, wo Harun el-Watek, der neunte Kalif, ihm folgte.)
934. In der schätzbaren Historia de Portugal von Faria y Sousa 1730, p. 147 finde ich: „(En Portugal) se viò sin luz la tierra por dos meses. Avia el Sol perdido su resplandor.“ Dann öffnete sich der Himmel por fractura mit vielen Blitzen, und man hatte plötzlich den vollen Sonnenschein.
1091 am 21. September eine Verdunkelung der Sonne, welche drei Stunden dauerte; nach der Verdunkelung blieb der Sonnenscheibe eine eigene Färbung. „Fuit eclipsis Solis 11 Kal. Octob. fere tres horas: Sol circa meridiem dire nigrescebat.“ Martin Crusius, Annales Svevici, Francof. 1595, T. 1, p. 279.
1096 am 3. März Sonnenflecken, mit unbewaffnetem Auge erkannt: „Signum in Sole apparuit V. Non. Marcii feria

secunda incipientis quadragesimae.“ Joh. Staindelii, presbyteri Pataviensis, Chronicon generale.

1206 am letzten Tage des Februars nach Joaquin de Villalba vollkommene Dunkelheit während sechs Stunden: „El dia ultimo del mes de Febrero hubo un eclipse de sol que duró seis horas con tanta obscuridad como si fuera media noche. Siguiéron á este fenomeno abundantes y continuas lluvias.“ — Ein fast ähnliches Phänomen wird für Junius 1191 angeführt von Schnurrer, T. I, S. 258 und 265.

1241 fünf Monate nach der Mongolenschlacht bei Liegnitz: „Obscuratus est sol (in quibusdam locis?), et facta sunt tenebrae, ita ut stellae viderentur in coelo, circa festum S. Michaelis hora nona.“ Chronicon Claustro-Neoburgense (von Kloster-Neuburg bei Wien, die Jahre 218 nach Chr. bis 1348 enthaltend).

1547 den 23., 24. und 25. April, also einen Tag vor und einen Tag nach der Schlacht bei Mühlberg, in welcher der Kurfürst Johann Friedrich gefangen wurde. Kepler sagt in Paralipom. ad Vitellium: „Refert Gemma, pater et filius, anno 1547 ante conflictum Caroli V cum Saxoniae Duce Solem per tres dies ceu sanguine perfusum comparuisse, ut etiam stellae pleraeque in meridie conspicerentur.“ Ueber die Ursache ist er sehr zweifelhaft: „Solis lumen ob causas quasdam sublimes hebetari .... vielleicht habe gewirkt materia cometica latius sparsa Die Ursache könne nicht in unserer Atmosphäre gelegen haben, da man Sterne am Mittag gesehen." Schnurrer will trotz der Sterne, daß es Höhenrauch gewesen sei, weil Kaiser Karl V. vor der Schlacht sich beklagte: „Semper se nebulae densitate infestari, quoties sibi cum hoste pugnandum sit.“

[16] (S. 277.) „Fackeln" nennt man wellenartig sich hinziehende, helle Lichtadern, welche in der Regel die Sonnenflecken umgeben. Sie bedecken eine viel größere Fläche als der Fleck selbst, den sie umgeben, einnimmt, und ihre Dimensionen sind ganz enorm. Die Fackeln sind wie die Flecken von sehr veränderlicher Natur; sie erscheinen zuweilen fast plötzlich, vergehen häufig ebenso schnell, lassen sich aber in anderen Fällen tage-, wochen-, selbst monatelang beobachten. — [D. Herausg.]

[17] (S. 278.) Schon Horrebow bedient sich desselben Ausdruckes. Das Sonnenlicht ist nach ihm „ein perpetuierlich, im Sonnendunstkreise vorgehendes Nordlicht, durch thätige magnetische Kräfte hervorgebracht."

[18] (S. 280.) Es ist ebenfalls merkwürdig und beweisend für eine große Gleichartigkeit in der Natur des Lichtes, aus dem Centrum und aus dem Rande der Sonnenscheibe emanierend, daß

nach einem sinnreichen Versuch von Forbes, während einer Sonnenfinsternis im Jahre 1836, ein aus alleinigen Randstrahlen gebildetes Spektrum in Hinsicht auf Zahl und Lage der dunkeln Linien oder Streifen, die es durchlaufen, ganz identisch mit dem war, welches aus der Gesamtheit des Sonnenlichtes entspringt. Wenn im Sonnenlicht Strahlen von gewisser Brechbarkeit fehlen, so sind sie also wohl nicht, wie Sir David Brewster vermutet, in der Sonnenatmosphäre selbst verloren gegangen, weil die Strahlen des Randes, eine viel dickere Schicht durchschneidend, dieselben dunkeln Linien hervorbringen. Ich stelle am Ende dieser Note alles zusammen, was ich im Jahre 1847 aus Aragos Handschriften gesammelt:

„Des phénomènes de la Polarisation colorée donnent la certitude que le bord du soleil a la même intensité de lumière que le centre; car en plaçant dans le Polariscope un ségment du bord sur un ségment du centre, j'obtiens (comme effet complémentaire du rouge et du bleu) un blanc pur. Dans un corps solide (dans une boule de fer chauffée au rouge) le même angle de vision embrasse une plus grande étendue au bord qu'au centre, selon la proportion du Cosinus de l'angle: mais dans la même proportion aussi le plus grand nombre de points matériels émettent une lumière plus faible *en raison de leurs obliquité.* Le rapport de l'angle est naturellement le même pour une sphère gazeuse; mais l'obliquité ne produisant pas dans les gaz le même effet de diminution que dans les corps solides, le bord de la sphère gazeuse serait plus lumineux que le centre. Ce que nous appelons le disque lumineux du Soleil, est la Photosphère gazeuse, comme je l'ai prouvé par le manque absolu de traces de polarisation sur le bord du disque. Pour expliquer donc *l'égalité d'intensité* du bord et du centre indiquée par le Polariscope, il faut admettre une enveloppe extérieure qui diminue (éteint) moins la lumière qui vient du centre que les rayons qui viennent sur le long trajet du bord à l'oeil. Cette enveloppe extérieure forme la couronne blanchâtre dans les éclipses totales du Soleil. — La lumière qui émane des corps solides et liquides incandescens, est partiellement polarisée quand les rayons observés forment, avec la surface de sortie, un angle d'un petit nombre de degrés; mais il n'y a aucune trace sensible de polarisation lorsqu'on regarde de la même manière dans le Polariscope des gaz enflammés. Cette expérience démontre que la lumière solaire ne sort pas d'une masse solide ou liquide incandescente. La lumière ne s'engendre pas uniquement à la surface des corps; une portion naît dans leur substance même, cette substance fût-elle du platine. Ce n'est donc pas la décomposition de l'oxygène ambiant qui donne la lumière. L'émission de lumière polarisée par le fer liquide est

un effet de réfraction au passage vers un moyen d'une moindre densité. Partout où il y a réfraction, il y a production d'un peu de lumière polarisée. Les gaz n'en donnent pas, parce que leurs couches n'ont pas assez de densité. — La lune suivie pendant le cours d'une lunaison entière offre des effets de polarisation, excepté à l'époque de la pleine lune et des jours qui en approchent beaucoup. La lumière solaire trouve, surtout dans les premiers et derniers quartiers, à la surface inégale (montagneuse) de notre Satellite des inclinaisons de plans convenables pour produire la polarisation par reflexion." [Die Bemerkung, daß die Sonnenscheibe nicht gleichförmig hell ist, sondern daß die Intensität des Lichtes nach dem Rande abnimmt, ward schon zu Galileis Zeiten gemacht. Was dagegen auch vorgebracht werden möge, die Abnahme ist so augenfällig, daß sie sogleich auch ohne besondere Messungen bemerkt wird, wenn man z. B. in einem dunklen Zimmer das auf einen weißen Schrein projizierte Sonnenbild betrachtet. Nach dem, was wir heute über die Konstitution der Sonne wissen, liegt die Erklärung sehr nahe und ist in nichts anderem zu suchen, als in der Absorption, welche die die leuchtende Schicht des Sonnenkörpers umgebende Atmosphäre auf die Lichtstrahlen ausübt. — D. Herausg.]

[19] (S. 280.) Es ist merkwürdig genug, daß Giordano Bruno, der acht Jahre vor Erfindung des Fernrohrs und elf Jahre vor der Entdeckung der Sonnenflecken den Scheiterhaufen bestieg, an die Rotation der Sonne um ihre Achse glaubte. Er hielt dagegen das Centrum der Sonnenscheibe für lichtschwächer als die Ränder. Er meinte, optisch getäuscht, die Scheibe sich drehen, die wirbelnden Ränder sich ausdehnen und zusammenziehen zu sehen.

[20] (S. 281.) „The most intensely ignited solids (ignited quicklime in Lieutenant Drummond's oxy-hydrogen lamp) appear only *as black spots* on the disc of the Sun when held between it and the eye. Outl. p. 236.

[21] (S. 281.) Vergl. Aragos Kommentar zu Galileis Briefen an Markus Welser, wie dessen optische Erläuterungen über den Einfluß des diffusen reflektierten Sonnenlichtes der Luftschichten, welches die im Felde eines Fernrohrs am Himmelsgewölbe gesehenen Gegenstände wie mit einem Lichtschleier bedeckt; im Annuaire du Bureau des Longit. pour 1842, p. 482 bis 487.

[22] (S. 283.) Nach dem, was wir gegenwärtig von den Sonnenflecken wissen, ist ihre Verteilung über die Sonnenoberfläche keine gleichmäßige; vielmehr gibt es zwei, durch besonderen Fleckenreichtum ausgezeichnete Zonen, deren eine von den nördlichen Parallelkreisen von 10″ hel. Breite und 30″ hel. Br. begrenzt wird, und deren andere zwischen den entsprechenden Parallelkreisen der südlichen Hemisphäre eingeschlossen liegt. Nicht minder auffällig und ebensowenig in ihrer Ursache sicher erkannt, wie die Verteilung der

Sonnenflecken in räumlicher Beziehung, ist ihre wechselnde Häufigkeit nach der Zeit. Durch Heinrich Schwabes 40jährige Beobachtungen ist ermittelt, daß der Fleckenbestand eine etwa zehnjährige Periode habe, innerhalb welcher er von einem Minimum zu einem Maximum anwächst und wieder herabsinkt. Zugleich stellte sich ein paralleler Gang zwischen der Häufigkeit der Sonnenflecken und gewissen erdmagnetischen Erscheinungen heraus. Die mittlere tägliche Variation der Deklinationsnadel erreicht nämlich den größten Wert zu jener Zeit, in welcher die Sonnenflecken am häufigsten, den kleinsten Wert, wenn sie am seltensten sind. Neben der zehn- bis elfjährigen Periode der Häufigkeit der Sonnenflecken besteht noch eine größere 56jährige, welche je fünf jener sekundären Perioden in sich schließt, und es sind Anzeichen vorhanden, daß auch diese Periode in der Variation der magnetischen Deklination auftritt. Eine ebenso charakteristische Beziehung zu den Sonnenflecken haben die Polarlichterscheinungen; der Zusammenhang beider ist unzweifelhaft nachgewiesen, in der Weise, daß beide Erscheinungen nach größeren Perioden von nahe 56 Jahren, denen je fünf sekundäre Perioden von nahe elf Jahren untergeordnet sind, derart an Zahl und Größe wechseln, daß zur Zeit der reichsten Fleckenbildung das Polarlicht am häufigsten und großartigsten sich entwickelt und daß umgekehrt die Minima beider Erscheinungen zusammenfallen. — [D. Herausg.]

[23] (S. 284.) Was den handschriftlichen Mitteilungen von Schwabe entnommen ist, habe ich durch Anführungszeichen unterschieden. Nur die Beobachtungen der Jahre 1826—1843 waren schon in Schumachers Astronomischen Nachrichten Nr. 495, S. 235 veröffentlicht.

II.

Die Planeten.

Allgemeine vergleichende Betrachtungen über eine ganze Klasse von Weltkörpern sollen hier der Beschreibung der einzelnen Weltkörper vorangehen. Es beziehen sich diese Betrachtungen auf die 22 Hauptplaneten und 21 Monde (Trabanten oder Nebenplaneten), welche bis jetzt entdeckt worden sind, nicht auf die planetarischen Weltkörper überhaupt, unter denen die Kometen von berechneten Bahnen schon zehnmal zahlreicher sind. Die Planeten haben im ganzen eine schwache Scintillation, weil sie von reflektiertem Sonnenlichte leuchten und ihr planetarisches Licht aus Scheiben emaniert (Kosmos Bd. III, S. 60). In dem aschfarbenen Lichte des Mondes, wie in dem roten Lichte seiner verfinsterten Scheibe, welches besonders intensiv zwischen den Wendekreisen gesehen wird, erleidet das Sonnenlicht für den Beobachter auf der Erde eine zweimalige Aenderung seiner Richtung. Daß die Erde und andere Planeten, wie zumal einige merkwürdige Erscheinungen auf dem der Sonne nicht zugekehrten Teile der Venus beweisen, auch einer eigenen, schwachen Lichtentwickelung fähig seien, ist schon an einem anderen Orte erinnert worden.

Wir betrachten die Planeten nach ihrer Zahl, nach der Zeitfolge ihrer Entdeckung, nach ihrem Volum, unter sich oder mit ihren Abständen von der Sonne verglichen, nach ihren relativen Dichtigkeiten, Massen, Rotationszeiten, Exzentrizitäten, Achsenneigungen und charakteristischer Verschiedenheit diesseits und jenseits der Zone der kleinen Planeten. Bei diesen Gegenständen vergleichender Betrachtung ist es der Natur dieses Werkes angemessen, einen besonderen Fleiß auf die Auswahl der numerischen Verhältnisse zu verwenden, welche zu der Epoche, in der diese Blätter erscheinen, für die genauesten, d. h. für die Resultate der neuesten und sichersten Forschungen, gehalten werden.

a. Hauptplaneten.

1) Zahl und Epoche der Entdeckung. — Von den sieben Weltkörpern, welche seit dem höchsten Altertume durch ihre stets veränderte relative Entfernung untereinander von den, gleiche Stellung und gleiche Abstände scheinbar bewahrenden, funkelnden Sternen des Fixsternhimmels (Orbis inerrans) unterschieden worden sind, zeigen sich nun fünf: Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn, sternartig, quinque *stellae* errantes. Die Sonne und der Mond blieben, da sie große Scheiben bilden, auch wegen der größeren Wichtigkeit, die man infolge religiöser[1] Mythen an sie knüpfte, gleichsam von den übrigen abgesondert. So kannten nach Diodor (II, 30) die Chaldäer nur 5 Planeten; auch Plato, wo er im Timäus nur einmal der Planeten erwähnt, sagt ausdrücklich: „Um die im Centrum des Kosmos ruhende Erde bewegen sich der Mond, die Sonne und fünf andere Sterne, welchen der Name Planeten beigelegt wird, das Ganze also in 7 Umgängen." Ebenso werden in der alten pythagoreischen Vorstellung vom Himmelsgebäude nach Philolaus unter den 10 göttlichen Körpern, welche um das Centralfeuer (den Weltherd, ἑστία) kreisen, „unmittelbar unter dem Fixsternhimmel" die fünf Planeten genannt; ihnen folgten dann Sonne, Mond, Erde und die ἀντίχθων (die Gegenerde). Selbst Ptolemäus redet immer nur noch von 5 Planeten. Die Aufzählung der Reihen von 7 Planeten, wie sie Julius Firmicus unter die Dekane verteilt, wie sie der von mir an einem anderen Orte[2] untersuchte Tierkreis des Bianchini (wahrscheinlich aus dem 3. Jahrhundert nach Chr.) darstellt und sie ägyptische Monumente aus den Zeiten der Cäsaren enthalten, gehört nicht der alten Astronomie, sondern den späteren Epochen an, in welchen die astrologischen Träumereien sich überall verbreitet hatten.[3] Daß der Mond in die Reihe der 7 Planeten gesetzt ward, muß uns nicht wundern, da von den Alten, wenn man eine denkwürdige Attraktionsansicht des Anaxagoras (Kosmos Bd. II, S. 240 und 340, Anm. 190) ausnimmt, fast nie seiner näheren Abhängigkeit von der Erde gedacht wird. Dagegen sind nach einer Meinung über den Weltbau, welche Vitruvius[4] und Martianus Capella[5] anführen, ohne ihren Urheber zu nennen, Merkur und Venus, die wir untere Planeten nennen, Satelliten der selbst um die Erde kreisenden Sonne. Ein solches System ist mit ebensowenig Grund ein ägyptisches[6]

zu nennen als mit den Ptolemäischen Epicykeln oder der Tychonischen Weltansicht zu verwechseln.

Die Namen, durch welche die sternartigen 5 Planeten bei den alten Völkern bezeichnet wurden, sind zweierlei Art: Götternamen, oder bedeutsame beschreibende, von physischen Eigenschaften hergenommene. Was ursprünglich davon den Chaldäern oder den Aegyptern angehöre, ist nach den Quellen, die bisher haben benutzt werden können, um so schwerer zu entscheiden, als die griechischen Schriftsteller uns nicht die ursprünglichen, bei anderen Völkern gebräuchlichen Namen, sondern nur in das Griechische übertragene, nach der Individualität ihrer Ansichten gemodelte Aequivalente darbieten. Was die Aegypter früher als die Chaldäer besessen, ob diese bloß als begabte Schüler der ersteren auftreten, berührt die wichtigen, aber dunklen Probleme der ersten Gesittung des Menschengeschlechtes, die Anfänge wissenschaftlicher Gedankenentwickelung am Nil oder am Euphrat. Man kennt die ägyptischen Benennungen der 36 Dekane, aber die ägyptischen Namen der Planeten sind uns, bis auf einen oder zwei, nicht erhalten.[7]

Auffallend ist es, daß Plato und Aristoteles sich nur der göttlichen Namen für die Planeten, die auch Diodor nennt, bedienen, während später, z. B. in dem dem Aristoteles fälschlich zugeschriebenen Buche De Mundo schon ein Gemisch von beiden Arten der Benennungen, der göttlichen und der beschreibenden (expressiven), sich findet, φαίνων für Saturn, στίλβων für Merkur, πυρόεις für Mars.[8] Wenn dem Saturn, dem äußersten der damals bekannten Planeten, sonderbar genug, wie Stellen aus dem Kommentar des Simplicius (p. 122) zum 8. Aristotelischen Buche De Coelo, aus Hygin, Diodor und Theon dem Smyrnäer beweisen, die Benennung Sonne beigelegt ward, so war es gewiß nur seine Lage und die Länge seines Umlaufes, was ihn zum Herrscher der anderen Planeten erhob. Die beschreibenden Benennungen, so alt und chaldäisch sie zum Teil auch sein mögen, fanden sich bei griechischen und römischen Schriftstellern, doch erst recht häufig in der Zeit der Cäsaren. Ihre Verbreitung hängt mit dem Einfluß der Astrologie zusammen. Die Planetenzeichen sind, wenn man die Scheibe der Sonne und die Mondsichel auf ägyptischen Monumenten abrechnet, sehr neuen Ursprungs, nach Letronnes Untersuchungen[9] sollen sie sogar nicht älter als das 10. Jahrhundert sein. Selbst auf Steinen mit gnosti-

schen Inschriften findet man sie nicht. Späte Abschreiber haben sie aber gnostischen und alchimistischen Handschriften beigefügt, fast nie den ältesten Handschriften griechischer Astronomen, des Ptolemäus, des Theon oder des Cleomedes. Die frühesten Planetenzeichen, von denen einige (Jupiter und Mars), wie Salmasius mit gewohntem Scharfsinn gezeigt, aus Buchstaben entstanden sind, waren sehr von den unserigen verschieden; die jetzige Form reicht kaum über das 15. Jahrhundert hinaus. Unbezweifelt ist es und durch eine dem Proclus (Ad Tim. ed. Basil. p. 14) von Olympiodor entlehnte Stelle, wie auch durch ein spätes Scholion zum Pindar (Isthm. V, 2) erwiesen, daß die symbolisierende Gewohnheit, gewisse Metalle den Planeten zu weihen, schon neuplatonischen alexandrinischen Vorstellungen des 5. Jahrhunderts zugehört. (Vergl. Olympiod. Comment. in Aristot. Metereol. cap. 7, 3 in Idelers Ausgabe der Metereol. T. II, p. 163; auch T. I, p. 199 und 251.)

Wenn sich die Zahl der sichtbaren Planeten nach der frühesten Einschränkung der Benennung auf 5, später mit Hinzufügung der großen Scheiben der Sonne und des Mondes auf 7 belief, so herrschten doch auch schon im Altertum Vermutungen, daß außer diesen sichtbaren Planeten noch andere, lichtschwächere, ungesehene, vorhanden wären. Diese Meinung wird von Simplicius als eine aristotelische bezeichnet. „Es sei wahrscheinlich, daß solche dunkle Weltkörper, die sich um das gemeinsame Centrum bewegen, bisweilen Mondfinsternisse so gut als die Erde veranlassen.“ Artemidorus aus Ephesus, den Strabo oft als Geographen anführt, glaubte an unzählige solcher dunkeln kreisenden Weltkörper. Das alte ideale Wesen, die Gegenerde (ἀντίχθων) der Pythagoreer, gehört aber nicht in den Kreis dieser Ahnungen. Erde und Gegenerde haben eine parallele, konzentrische Bewegung, und die Gegenerde, ersonnen, um sich der planetarisch in 24 Stunden um das Centralfeuer bewegenden Erde die Rotationsbewegung zu ersparen, ist wohl nur die entgegengesetzte Halbkugel, die Antipodenhälfte unseres Planeten.

Wenn man von den jetzt bekannten 43 Haupt- und Nebenplaneten, dem Sechsfachen von den dem Altertum bekannten planetarischen Weltkörpern, chronologisch, nach der Zeitfolge ihrer Entdeckung, die 36 Gegenstände absondert, welche seit der Erfindung der Fernröhren erkannt worden sind, so erhält man für das 17. Jahrhundert neun, für das 18. Jahr-

hundert wieder neun, für das halbe 19. Jahrhundert acht-zehn neu entdeckte.

Zeitfolge der planetarischen Entdeckungen (Haupt- und Nebenplaneten) seit der Erfindung des Fernrohres im Jahre 1608.

A. Das siebzehnte Jahrhundert.

Vier Jupiterstrabanten: Simon Marius zu Ansbach 29. Dezember 1609, Galilei 7. Januar 1610 zu Padua;
Dreigestaltung des Saturn: Galilei November 1610; Hevelius, Ansicht von zwei Seitenstäben 1656; Huygens, endliche Erkenntnis der wahren Gestalt des Ringes 17. Dezember 1657;
der 6. Saturnstrabant (Titan): Huygens am 25. März 1655;
der 8. Saturnstrabant (der äußerste, Japetus): Dominikus Cassini Oktober 1671;
der 5. Saturnstrabant (Rhea): Cassini 23. Dezember 1672;
der 3. und 4. Saturnstrabant (Thetis und Dione): Cassini Ende März 1684.

B. Das achtzehnte Jahrhundert.

Uranus: William Herschel 13. März 1781 zu Bath;
der 2. und 4. Uranustrabant: William Herschel 11. Januar 1787;
der 1. Saturnstrabant (Mimas): William Herschel 28. August 1789;
der 2. Saturnstrabant (Enceladus): William Herschel 17. September 1789;
der 1. Uranustrabant: William Herschel 18. Januar 1790;
der 5. Uranustrabant: William Herschel 9. Februar 1790;
der 6. Uranustrabant: William Herschel 28. Februar 1794;
der 3. Uranustrabant: William Herschel 26. März 1794.

C. Das neunzehnte Jahrhundert.

Ceres*: Piazzi zu Palermo 1. Januar 1801;
Pallas*: Olbers zu Bremen 28. März 1802;
Juno*: Harding zu Lilienthal 1. September 1804;
Vesta*: Olbers zu Bremen 29. März 1807.
(38 Jahre lang keine planetarische Entdeckung.)
Asträa*: Hencke zu Driesen 8. Dezember 1845;
Neptun*: Galle zu Berlin 23. September 1846;
der 1. Neptunstrabant: W. Lassell zu Starfield bei Liverpool; November 1846 Bond zu Cambridge (V. St.);
Hebe*: Hencke zu Driesen 1. Juli 1847;
Iris*: Hind zu London 13. August 1847;
Flora*: Hind zu London 18. Oktober 1847;
Metis*: Graham zu Markree-Castle 25. April 1848;
der 7. Saturnstrabant (Hyperion): Bond in Cambridge (V. St.) 16. bis 19. September 1848, Lassell zu Liverpool 19. bis 20. September 1848;

Hygica*: de Gasparis zu Neapel 12. April 1849;
Parthenope*: de Gasparis zu Neapel 11. Mai 1850;
der 2. Neptunstrabant: Lassell zu Liverpool 14. August 1850;
Viktoria*: Hind zu London 13. September 1850;
Egeria*: de Gasparis zu Neapel 2. November 1850;
Irene*: Hind zu London 19. Mai 1851 und de Gasparis zu Neapel 23. Mai 1851.

Es sind in dieser chronologischen Uebersicht [10] die Hauptplaneten von den Nebenplaneten oder Trabanten (Satelliten) durch größere Lettern unterschieden, ein Sternchen ist der Klasse von Hauptplaneten beigefügt, welche eine eigene und sehr ausgedehnte Gruppe, gleichsam einen Ring von 33 Mill. geogr. Meilen (245 Mill. km) Breite, zwischen Mars und Jupiter bilden, und gewöhnlich kleine Planeten, auch wohl teleskopische, Koplaneten, Asteroiden oder Planetoiden, genannt werden. Von diesen sind 4 in den ersten 7 Jahren dieses Jahrhunderts und 10 in den letztverflossenen 6 Jahren aufgefunden worden, was minder der Vorzüglichkeit der Fernröhren als dem Fleiß und Geschick der Suchenden, wie besonders den verbesserten und mit Fixsternen 9. und 10. Größe bereicherten Sternkarten zuzuschreiben ist. Man erkennt jetzt leichter das Bewegte zwischen dem Unbewegten (s. oben S. 109). Die Zahl der Hauptplaneten ist genau verdoppelt, seitdem der erste Band des Kosmos erschienen ist. So überschnell ist die Folge der Entdeckungen gewesen, die Erweiterung und Vervollkommnung der Topographie des Planetensystems.

2) Verteilung der Planeten in zwei Gruppen. — Wenn man in dem Sonnengebiete die Region der kleinen Planeten zwischen den Bahnen des Mars und des Jupiter, doch der ersteren im ganzen mehr genähert, als eine scheidende Zone räumlicher Abteilung betrachtet, gleichsam als eine mittlere Gruppe, so bieten, wie schon früher bemerkt worden ist, die der Sonne näheren, inneren Planeten (Merkur, Venus, Erde und Mars) manche Aehnlichkeiten unter sich und Kontraste mit den äußeren, der Sonne ferneren, jenseits der scheidenden Zone gelegenen Planeten (Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun) dar. Die mittlere dieser drei Gruppen füllt kaum die Hälfte des Abstandes der Marsbahn von der Jupitersbahn aus. In dem Raume zwischen den zwei großen Hauptplaneten Mars und Jupiter ist der dem Mars nähere Teil bisher am reichsten gefüllt; denn wenn

man in der Zone, welche die Asteroiden einnehmen, die äußersten, Flora und Hygiea, in Betrachtung zieht, so findet man, daß Jupiter mehr denn dreimal weiter von Hygiea absteht als Flora vom Mars. Diese mittlere Planetengruppe hat den abweichendsten Charakter, durch ihre ineinander verschlungenen, stark geneigten und exzentrischen Bahnen, durch die beträchtliche Kleinheit ihrer Planeten. Die Neigung der Bahnen gegen die Ekliptik steigt bei Juno auf 13° 3′, bei Hebe auf 14° 47′, bei Egeria auf 16° 33′, bei Pallas gar auf 34° 37′, während sie in derselben mittleren Gruppe bei Asträa bis 5° 19′, bei Parthenope bis 4° 37′, bei Hygiea bis 3° 47′ herabsinkt. Die sämtlichen Bahnen der kleinen Planeten mit Neigungen geringer als 7° sind, vom Großen zum Kleinen übergehend, die von Flora, Metis, Iris, Asträa, Parthenope und Hygiea. Keine dieser Bahnneigungen erreicht indes an Kleinheit die von Venus, Saturn, Mars, Neptun, Jupiter und Uranus. Die Exzentrizitäten übertreffen teilweise noch die des Merkur (0,206); denn Juno, Pallas, Iris und Viktoria haben 0,255, 0,239, 0,232 und 0,218, während Ceres (0,076), Egeria (0,086) und Vesta (0,089) weniger exzentrische Bahnen haben als Mars (0,093), ohne jedoch die übrigen Planeten (Jupiter, Saturn, Uranus) in den angenäherteren Kreisförmigkeiten zu erreichen. Der Durchmesser der teleskopischen Planeten ist fast unmeßbar klein, und nach Beobachtungen von Lamont in München und Mädler im Dorpater Refraktor ist es wahrscheinlich, daß der größte der kleinen Planeten aufs höchste 145 geogr. Meilen (1020 km) im Durchmesser hat; das ist 1/5 des Merkur und 1/12 der Erde.

Nennen wir die 4 der Sonne näheren Planeten zwischen dem Ringe der Asteroiden (der kleinen Planeten) und dem Centralkörper gelegen, innere Planeten, so zeigen sie sich alle von mäßiger Größe, dichter, ziemlich gleich und dabei langsam um ihre Achsen rotierend (in fast 24stündiger Umdrehungszeit), minder abgeplattet und bis auf einen (die Erde) gänzlich mondlos. Dagegen sind die 4 äußeren, sonnenferneren Planeten, die zwischen dem Ringe der Asteroiden und den uns unbekannten Extremen des Sonnengebietes gelegenen, Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun, mächtig größer, 5mal undichter, mehr als 2mal schneller in der Rotation um die Achse, stärker abgeplattet und mondreicher im Verhältnis von 20 : 1. Die inneren Planeten sind alle kleiner als die Erde (Merkur und Mars 2/5 und 1/2mal kleiner im Durch-

messer), die äußeren Planeten sind dagegen 4,2 bis 11,2mal größer als die Erde. Die Dichtigkeit der Erde = 1 gesetzt, sind die Dichtigkeiten der Venus und des Mars bis auf weniger als 1/10 damit übereinstimmend, auch die Dichtigkeit des Merkur (nach Enckes aufgefundener Merkursmasse) ist nur wenig größer. Dagegen übersteigt keiner der äußeren Planeten die Dichtigkeit 1/4; Saturn ist sogar nur 1/7, fast nur halb so undicht als die übrigen äußeren Planeten und als die Sonne. Die äußeren Planeten bieten dazu das einzige Phänomen des ganzen Sonnensystems, das Wunder eines seinen Hauptplaneten frei umschwebenden festen Ringes, dar; auch Atmosphären, welche durch die Eigentümlichkeit ihrer Verdickungen sich unserem Auge als veränderliche, ja im Saturn bisweilen als unterbrochene Streifen darstellen.

Obgleich bei der wichtigen Verteilung der Planeten in zwei Gruppen von inneren und äußeren Planeten generelle Eigenschaften der absoluten Größe, der Dichtigkeit, der Abplattung, der Geschwindigkeit in der Rotation, der Mondlosigkeit sich als abhängig von den Abständen, d. i. von ihren halben großen Bahnachsen zeigen, so ist diese Abhängigkeit in jeder einzelnen dieser Gruppen keineswegs zu behaupten. Wir kennen bisher, wie ich schon früher bemerkt, keine innere Notwendigkeit, kein mechanisches Naturgesetz, das (wie das schöne Gesetz, welches die Quadrate der Umlaufszeiten an die Würfel der großen Achsen bindet) die ebengenannten Elemente für die Reihenfolge der einzelnen planetarischen Weltkörper jeder Weltgruppe in ihrer Abhängigkeit von den Abständen darstellte. Wenn der der Sonne nächste Planet, Merkur, der dichteste, ja 6 oder 8mal dichter als einzelne der äußeren Planeten, Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun, ist, so zeigt sich doch die Reihenfolge bei Venus, Erde und Mars, oder bei Jupiter, Saturn und Uranus als sehr unregelmäßig. Die absoluten Größen sehen wir, wohl im allgemeinen, wie schon Kepler bemerkt (Harmonice mundi V, 4, p. 194, Kosmos Bd. I, S. 268), aber nicht einzeln betrachtet, mit den Abständen wachsen. Mars ist kleiner als die Erde, Uranus kleiner als Saturn, Saturn kleiner als Jupiter, und dieser folgt unmittelbar auf eine Schar von Planeten, welche wegen ihrer Kleinheit fast unmeßbar sind. Die Rotationszeit nimmt im allgemeinen freilich mit der Sonnenferne zu, aber sie ist bei Mars wieder langsamer als bei der Erde, bei Saturn langsamer als bei Jupiter.

Die Welt der Gestaltungen, ich wiederhole es, kann in der Aufzählung räumlicher Verhältnisse nur geschildert werden als etwas Thatsächliches, als etwas Daseiendes (Wirkliches) in der Natur, nicht als Gegenstand intellektueller Schlußfolge, schon erkannter ursachlicher Verkettung. Kein allgemeines Gesetz ist hier für die Himmelsräume aufgefunden, so wenig als für die Erdräume in der Lage der Kulminationspunkte der Bergketten oder in der Gestaltung der einzelnen Umrisse der Kontinente. Es sind Thatsachen der Natur, hervorgegangen aus dem Konflikt vielfacher, unter uns unbekannt gebliebener Bedingungen wirkender Wurf- und Anziehungskräfte. Wir treten hier mit gespannter und unbefriedigter Neugier in das dunkle Gebiet des Werdens. Es handelt sich hier, im eigentlichsten Sinne des so oft gemißbrauchten Wortes, um Weltbegebenheiten, um kosmische Vorgänge in für uns unmeßbaren Zeiträumen. Haben sich die Planeten aus kreisenden Ringen dunstförmiger Stoffe gebildet, so muß die Materie, als sie sich nach dem Vorherrschen einzelner Attraktionspunkte zu ballen begann, eine unabsehbare Reihe von Zuständen durchlaufen sein, um bald einfache, bald verschlungene Bahnen, Planeten von so verschiedener Größe, Abplattung und Dichte, mondlose und mondreiche, ja in einen festen Ring verschmolzene Satelliten zu bilden. Die gegenwärtige Form der Dinge und die genaue numerische Bestimmung ihrer Verhältnisse hat uns bisher nicht zur Kenntnis der durchlaufenen Zustände führen können, nicht zu klarer Einsicht in die Bedingungen, unter denen sie entstanden sind. Diese Bedingungen dürfen aber darum nicht zufällig heißen, wie dem Menschen alles heißt, was er noch nicht genetisch zu erklären vermag.

3) Absolute und scheinbare Größe, Gestaltung. — Der Durchmesser des größten aller Planeten, Jupiters, ist 30mal so groß als der Durchmesser des kleinsten der sicher bestimmten Planeten, Merkurs; fast 11mal so groß als der Durchmesser der Erde. Beinahe in demselben Verhältnis steht Jupiter zur Sonne. Die Durchmesser beider sind nahe wie 1 : 10. Man hat vielleicht irrig behauptet, der Größenabstand der Meteorsteine, die man geneigt ist für kleine planetarische Körper zu halten, zur Vesta, welche nach einer Messung von Mädler 66 geogr. Meilen (482 km) im Durchmesser, also 80 Meilen (594 km) weniger hat wie Pallas nach Lamont, sei nicht bedeutender als der Größenabstand der Vesta zur

Sonne. Nach diesem Verhältnisse müßte es Meteorsteine von 517 Fuß (168 m) im Durchmesser geben. Feuerkugeln haben, solange sie scheibenartig erscheinen, allerdings bis 2600 Fuß (845 m) Durchmesser.

Die Abhängigkeit der Abplattung von der Umdrehungsgeschwindigkeit zeigt sich am auffallendsten in der Vergleichung der Erde als eines Planeten der inneren Gruppe (Rot. 23^h 56′, Abpl. $^1/_{299}$) mit den äußeren Planeten Jupiter (Rot. 10^h 55′, Abpl. nach Arago $^1/_{17}$, nach John Herschel $^1/_{15}$) und Saturn (Rot. 10^h 29′, Abpl. $^1/_{10}$). Aber Mars, dessen Rotation sogar noch 41 Minuten langsamer ist als die Rotation der Erde, hat, wenn man auch ein viel schwächeres Resultat als das von William Herschel annimmt, doch immer sehr wahrscheinlich eine viel größere Abplattung. Liegt der Grund dieser Anomalie, insofern die Oberflächengestalt des elliptischen Sphäroids der Umdrehungsgeschwindigkeit entsprechen soll, in der Verschiedenheit des Gesetzes der zunehmenden Dichtigkeiten aufeinander liegender Schichten gegen das Centrum hin? oder in dem Umstand, daß die flüssige Oberfläche einiger Planeten früher erhärtet ist, als sie die ihrer Rotationsgeschwindigkeit zugehörige Figur haben annehmen können? Von der Gestaltung der Abplattung unseres Planeten hängen, wie die theoretische Astronomie beweist, die wichtigen Erscheinungen des Zurückweichens des Aequinoktialpunkte oder des scheinbaren Vorrückens der Gestirne (Präzession), die der Nutation (Schwankung der Erdachse) und der Veränderung der Schiefe der Ekliptik ab.

Die absolute Größe der Planeten und ihre Entfernung von der Erde bestimmen ihren scheinbaren Durchmesser. Der absoluten (wahren) Größe nach haben wir die Planeten, von den kleineren zu den größeren übergehend, also zu reihen:

die in ihren Bahnen verschlungenen kleinen Planeten, deren größte Pallas und Vesta zu sein scheinen,

Merkur,
Mars,
Venus,
Erde,

*

Neptun,
Uranus,
Saturn,
Jupiter.

In der mittleren Entfernung von der Erde hat Jupiter einen scheinbaren Aequatorialdurchmesser von 38,4″, wenn derselbe bei der, der Erde an Größe ungefähr gleichen Venus, ebenfalls in mittlerer Entfernung, nur 16,9″, bei Mars 5,8″ ist. In der unteren Konjunktion wächst aber der scheinbare Durchmesser der Scheibe der Venus bis 62″, wenn der des Jupiter in der Opposition nur eine Vergrößerung bis 46″ erreicht. Es ist hier notwendig, zu erinnern, daß der Ort in der Bahn der Venus, an welchem sie uns im hellsten Lichte erscheint, zwischen ihre untere Konjunktion und ihre größte Digression von der Sonne fällt, weil da die schmale Lichtsichel wegen der größten Nähe zu der Erde das intensivste Licht gibt. Im Mittel erscheint Venus am herrlichsten leuchtend, ja in Abwesenheit der Sonne Schatten werfend, wenn sie 40° östlich oder westlich von der Sonne entfernt ist, dann beträgt ihr scheinbarer Durchmesser nur an 40″ und die größte Breite der beleuchteten Phase kaum 10″.

Scheinbarer Durchmesser von 7 Planeten:

Merkur in mittl. Entfernung	6,7″	(oszilliert von 4,4—12″)
Venus „ „ „	16,9″	(„ „ 9,5—62″)
Mars „ „ „	5,8″	(„ „ 3,3—23″)
Jupiter „ „ „	38,4″	(„ „ 30—46″)
Saturn „ „ „	17,1″	(„ „ 15—20″)
Uranus „ „ „	3,9″	
Neptun „ „ „	2,7″	

Das Volumen der Planeten im Verhältnis zur Erde ist bei

Merkur	wie	1 : 16,7
Venus	„	1 : 1,05
Erde	„	1 : 1
Mars	„	1 : 7,14
Jupiter	„	1414 : 1
Saturn	„	735 : 1
Uranus	„	82 : 1
Neptun	„	108 : 1

während das Volum der Sonne zu dem der Erde = 1 407 124 zu 1 ist. Kleine Aenderungen der Messungen des Durchmessers vergrößern die Angaben der Volumina im Verhältnis des Kubus.

Die ihren Ort verändernden, den Anblick des gestirnten

Himmels anmutig belebenden Planeten wirken gleichzeitig auf uns durch die Größe ihrer Scheiben und ihre Nähe, durch Farbe des Lichtes, durch Scintillation, die einigen Planeten in gewissen Lagen nicht ganz fremd ist; durch die Eigentümlichkeit, mit der ihre verschiedenartigen Oberflächen das Sonnenlicht reflektieren. Ob eine schwache Lichtentwicklung in den Planeten selbst die Intensität und Beschaffenheit ihres Lichtes modifiziere, ist ein noch zu lösendes Problem.

4) Reihung der Planeten und ihre Abstände von der Sonne. — Um das bisher entdeckte Planetensystem als ein Ganzes zu umfassen und in seinen mittleren Abständen von dem Centralkörper, der Sonne, darzustellen, liefern wir die nachfolgende Tabelle, in welcher, wie es immer in der Astronomie gebräuchlich gewesen, die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne (20 682 000 geogr. Meilen [148 64 Mill. km nach Foucault]) zur Einheit angenommen ist. Wir fügen später bei den einzelnen Planeten die größten und kleinsten Entfernungen von der Sonne im Aphel und Perihel hinzu, je nachdem der Planet in der Ellipse, deren Brennpunkt die Sonne einnimmt, sich in demjenigen Endpunkte der großen Achse (Apsidenlinie) befindet, welcher dem Brennpunkt am fernsten oder am nächsten ist. Unter der mittleren Entfernung von der Sonne, von welcher hier allein die Rede ist, wird das Mittel aus der größten und kleinsten Entfernung, oder die halbe große Achse der Planetenbahn, verstanden. Auch ist zu bemerken, daß die numerischen Data hier wie bisher, und so auch im folgenden, größtenteils aus Hansens sorgfältiger Zusammenstellung der Planetenelemente in Schumachers Jahrbuch für 1836 entnommen sind. Wo die Data sich auf Zeit beziehen, gelten sie bei den älteren und größeren Planeten für das Jahr 1800, bei Neptun aber für 1851, mit Benutzung des Berliner astronomischen Jahrbuchs von 1853. Die weiter unten folgende Zusammenstellung der kleinen Planeten, deren Mitteilung ich der Freundschaft des Dr. Galle verdanke, bezieht sich durchgängig auf neuere Epochen.

Abstände der Planeten von der Sonne:

Merkur	0,38 709
Venus	,072 333
Erde	1,00 000
Mars	1,52 369

Kleine Planeten:

Flora	2,202
Viktoria	2,335
Vesta	2,372
Iris	2,385
Metis	2,386
Hebe	2,425
Parthenope . .	2,448
Irene	2,553
Asträa	2,577
Egeria	2,579
Juno	2,669
Ceres	2,768
Pallas	2,773
Hygiea	3,151
Jupiter	5,20 277
Saturn	9,53 885
Uranus	19,18 239
Neptun	30,03 628

Die einfache Beobachtung der sich von Saturn und Jupiter bis Mars und Venus schnell vermindernden Umlaufszeiten hatte, bei der Annahme, daß die Planeten an bewegliche Sphären geheftet seien, sehr früh auf Ahnungen über die Abstände dieser Sphären voneinander geführt. Da unter den Griechen vor Aristarch von Samos und der Errichtung des alexandrinischen Museums von methodisch angestellten Beobachtungen und Messungen keine Spur zu finden ist, so entstand eine große Verschiedenheit in den Hypothesen über die Reihung der Planeten und ihrer relativen Abstände; sei es, wie nach dem am meisten herrschenden Systeme, über die Abstände von der im Centrum ruhenden Erde, oder, wie bei den Pythagoreern, über die Abstände von dem Herd des Weltalls, der Hestia. Man schwankte besonders in der Stellung der Sonne, d. h. in ihrer relativen Lage gegen die unteren Planeten und den Mond.[11] Die Pythagoreer, denen Zahl die Quelle der Erkenntnis, die Wesenheit der Dinge war, wandten ihre Zahlentheorie, die alles verschmelzende Lehre der Zahlenverhältnisse auf die geometrische Betrachtung der früh erkannten 5 regelmäßigen Körper, auf die musikalischen Intervalle der Töne, welche die Akkorde bestimmen und verschiedene Klanggeschlechter bilden, ja auf den Welten-

bau selbst an, ahnend, daß die bewegten, gleichsam schwingenden, Klangwellen erregenden Planeten nach den harmonischen Verhältnissen ihrer räumlichen Intervalle eine Sphärenmusik hervorrufen müßten. „Diese Musik," setzten sie hinzu, „würde dem menschlichen Ohre vernehmbar sein, wenn sie nicht, eben darum weil sie perpetuierlich ist, und weil der Mensch von Kindheit auf daran gewöhnt ist, überhört würde."[12] Der harmonische Teil der pythagoreischen Zahlenlehre schloß sich so der figürlichen Darstellung des Kosmos an, ganz im Sinne des platonischen Timäus; denn „die Kosmogonie ist dem Plato das Werk der von der Harmonie zustande gebrachten Vereinigung entgegengesetzter Urgründe". Er versucht sogar in einem anmutigen Bilde die Welttöne zu versinnlichen, indem er auf jede der Planetensphären eine Sirene setzt, die, von den ernsten Töchtern der Notwendigkeit, den drei Mören, unterstützt, die ewige Umkreisung der Weltspindel fördern.[13] Eine solche Darstellung der Sirenen, an deren Stelle bisweilen als Himmelssängerinnen die Musen treten, ist uns in antiken Kunstdenkmälern, besonders in geschnittenen Steinen, mehrfach erhalten. Im christlichen Altertume, wie im ganzen Mittelalter, von Basilius dem Großen an bis Thomas von Aquino und Petrus Alliacus, wird der Harmonie der Sphären noch immer, doch meist tadelnd, gedacht.[14]

Am Ende des 16. Jahrhunderts erwachten in dem phantasiereichen Kepler wieder alle pythagoreischen und platonischen Weltansichten, gleichzeitig die geometrischen wie die musikalischen. Kepler baute, nach seinen naturphilosophischen Phantasieen, das Planetensystem erst in dem Mysterium cosmographicum nach der Norm der 5 regulären Körper, welche zwischen die Planetensphären gelegt werden können, dann in der Harmonice Mundi nach den Intervallen der Töne auf. Von der Gesetzlichkeit in den relativen Abständen der Planeten überzeugt, glaubte er das Problem durch eine glückliche Kombination seiner früheren und späteren Ansichten gelöst zu haben. Auffallend genug ist es, daß Tycho de Brahe, den wir sonst immer so streng an die wirkliche Beobachtung gefesselt finden, schon vor Kepler die von Rothmann bestrittene Meinung geäußert hatte, daß die kreisenden Weltkörper die Himmelsluft (was wir jetzt das widerstehende Mittel nennen) zu erschüttern vermöchten, um Töne zu erzeugen. Die Analogieen der Tonverhältnisse mit den

Abständen der Planeten, denen Kepler so lange und so mühsam nachspürte, blieben aber, wie mir scheint, bei dem geistreichen Forscher ganz in dem Bereich der Abstraktionen. Er freut sich, zu größerer Verherrlichung des Schöpfers, in den räumlichen Verhältnissen des Kosmos musikalische Zahlenverhältnisse entdeckt zu haben; er läßt, wie in dichterischer Begeisterung, „Venus zusammen mit der Erde in der Sonnenferne Dur, in der Sonnennähe Moll spielen, ja, der höchste Ton des Jupiter und der Venus müssen im Mollakkord zusammentreffen". Trotz aller dieser so häufig gebrauchten und doch nur symbolisierenden Ausdrücke sagt Kepler bestimmt: „Jam soni in coelo nulli existunt, nec tam turbulentus est motus, ut ex attritu *aurae coelestis* eliciatur stridor." (Harmonice Mundi lib. V, cap. 5.) Der dünnen und heiteren Weltluft (aura coelestis) wird hier also wieder gedacht.

Die vergleichende Betrachtung der Planetenintervalle mit den regelmäßigen Körpern, welche diese Intervalle ausfüllen müssen, hatte Kepler ermutigt, seine Hypothesen selbst bis auf die Fixsternwelt auszudehnen.[15] Was bei der Auffindung der Ceres und der anderen sogenannten kleinen Planeten an die pythagoreischen Kombinationen Keplers zuerst wieder lebhaft erinnert hat, ist dessen fast vergessene Aeußerung gewesen über die wahrscheinliche Existenz eines noch ungesehenen Planeten in der großen planetenlosen Kluft zwischen Mars und Jupiter. („Motus semper distantiam pone sequi videtur; atque ubi magnus hiatus erat inter orbes, erat et inter motus.") „Ich bin kühner geworden," sagt er in der Einleitung zum Mysterium cosmographicum, „und setze zwischen Mars und Jupiter einen neuen Planeten, wie auch (eine Behauptung, die weniger glücklich war und lange unbeachtet[16] blieb) einen anderen Planeten zwischen Venus und Merkur; man hat wahrscheinlich beide ihrer außerordentlichen Kleinheit wegen nicht gesehen."[17] Später fand Kepler, daß er dieser neuen Planeten für sein Sonnensystem nach den Eigenschaften der 5 regelmäßigen Körper nicht bedürfe; es komme nur darauf an, den Abständen der alten Planeten eine kleine Gewalt anzuthun. („Non reperies novos et incognitos Planetas, ut paulo antea, interpositos, non ea mihi probatur audacia; sed illos veteres *parum admodum luxatos*." Myst. cosmogr., p. 10.) Die geistigen Richtungen Keplers waren den pythagoreischen und noch mehr

den im Timäus ausgesprochenen platonischen so analog, daß, so wie Plato (Cratyl. p. 409) in den 7 Planetensphären neben der Verschiedenheit der Töne auch die der Farben fand, Kepler ebenfalls (Astron. opt. cap. 6, pag. 261) eigene Versuche anstellte, um an einer verschieden erleuchteten Tafel die Farben der Planeten nachzuahmen. War doch der große, in seinen Vernunftschlüssen immer so strenge Newton ebenfalls noch geneigt, wie schon Prevost (Mém. de l'Acad. de Berlin pour 1802, p. 77 und 93) bemerkt, die Dimension der 7 Farben des Spektrums auf die diatonische Skala zu reduzieren.[18]

Die Hypothese von noch unbekannten Gliedern der Planetenreihe des Sonnensystems erinnert an die Meinung des hellenischen Altertums, daß es weit mehr als 5 Planeten gebe; dies sei ja nur die Zahl der beobachteten, viele andere aber blieben ungesehen wegen der Schwäche ihres Lichtes und ihrer Stellung. Ein solcher Ausspruch ward besonders dem Artemidor aus Ephesus zugeschrieben.[19] Ein anderer althellenischer, vielleicht selbst ägyptischer Glaube scheint der gewesen zu sein, „daß die Himmelskörper, welche wir jetzt sehen, nicht alle von jeher zugleich sichtbar waren". Mit einem solchen physischen oder vielmehr historischen Mythus hängt die sonderbare Form des Lobes eines hohen Alters zusammen, das einige Volksstämme sich selbst beilegten. So nannten sich Proselenen die vorhellenischen pelasgischen Bewohner Arkadiens, weil sie sich rühmten, früher in ihr Land gekommen zu sein, als der Mond die Erde begleitete. Vorhellenisch und vormondlich waren synonym. Das Erscheinen eines Gestirnes wurde als eine Himmelsbegebenheit geschildert, wie die deukalionische Flut eine Erdbegebenheit war. Apulejus (Apologia Vol. II, p. 494 ed. Oudendorp; Kosmos Bd. II, S. 300, Anm. 86) dehnte die Flut bis auf die gätulischen Gebirge des nördlichen Afrikas aus. Bei Apollonius Rhodius, der nach alexandrinischer Sitte gern alten Mustern nachahmte, heißt es von der frühen Ansiedelung der Aegypter im Nilthale: „Noch kreisten nicht am Himmel die Gestirne alle, noch waren die Danaer nicht erschienen, nicht das deukalionische Geschlecht."[20] Diese wichtige Stelle erläutert das Lob des pelasgischen Arkadien.

Ich schließe diese Betrachtungen über die Abstände und räumliche Reihung der Planeten mit einem Gesetz, welches eben nicht diesen Namen verdient, und das Lalande und

Delambre ein Zahlenspiel, andere ein mnemonisches Hilfsmittel nennen. Es hat dasselbe unseren verdienstvollen Bode viel beschäftigt, besonders zu der Zeit, als Piazzi die Ceres auffand, eine Entdeckung, die jedoch keineswegs durch jenes sogenannte Gesetz, sondern eher durch einen Druckfehler in Wollastons Sternverzeichnis veranlaßt wurde. Wollte man die Entdeckung als die Erfüllung einer Voraussagung betrachten, so muß man nicht vergessen, daß letztere, wie wir schon oben erinnert haben, bis zu Kepler hinaufreicht, also mehr denn $1\frac{1}{2}$ Jahrhunderte über Titius und Bode hinaus. Obgleich der Berliner Astronom in der 2. Auflage seiner populären und überaus nützlichen „Anleitung zur Kenntnis des gestirnten Himmels“ bereits sehr bestimmt erklärt hatte, „daß er das Gesetz der Abstände einer in Wittenberg durch Prof. Titius veranstalteten Uebersetzung von Bonnets Contemplation de la Nature entlehne“, so hat dasselbe doch meist seinen Namen und selten den von Titius geführt. In einer Note, welche der letztere dem Kapitel über das Weltgebäude hinzufügte, heißt es: „Wenn man die Abstände der Planeten untersucht, so findet man, daß fast alle in der Proportion voneinander entfernt sind, wie ihre körperlichen Größen zunehmen. Gebet der Distanz von der Sonne bis zum Saturn 100 Teile, so ist Merkur 4 solcher Teile von der Sonne entfernt, Venus $4 + 3 = 7$ derselben, die Erde $4 + 6 = 10$, Mars $4 + 12 = 16$. Aber von Mars bis zu Jupiter kommt eine Abweichung von dieser so genauen(!) Progression vor. Vom Mars folgt ein Raum von $4 + 24 = 28$ solcher Teile, darin weder ein Hauptplanet noch ein Nebenplanet zur Zeit gesehen wird. Und der Bauherr sollte diesen Raum leer gelassen haben? Es ist nicht zu zweifeln, daß dieser Raum den bisher noch unentdeckten Trabanten des Mars zugehöre, oder daß vielleicht auch Jupiter noch Trabanten um sich habe, die bisher durch kein Fernrohr gesehen sind. Von dem uns (in seiner Erfüllung) unbekannten Raum erhebt sich Jupiters Wirkungskreis in $4 + 48 = 52$. Dann folgt Saturn in $4 + 96 = 100$ Teilen — ein bewundernswürdiges Verhältnis.“ — Titius war also geneigt, den Raum zwischen Mars und Jupiter nicht mit einem, sondern mit mehreren Weltkörpern, wie es wirklich der Fall ist, auszufüllen, aber er vermutete, daß dieselben eher Neben- als Hauptplaneten wären.

Wie der Uebersetzer und Kommentator von Bonnet zu der Zahl 4 für die Merkursbahn gelangte, ist nirgends

ausgesprochen. Er wählte sie vielleicht nur, um für den damals entferntesten Planeten Saturn, dessen Entfernung 9,5, also nahe = 10,0 ist, genau 100 zu haben, in Verbindung mit den leicht teilbaren Zahlen 96, 48, 24 u. s. f. Daß er die Reihenfolge bei den näheren Planeten beginnend aufgestellt habe, ist minder wahrscheinlich. Eine hinreichende Uebereinstimmung des nicht von der Sonne, sondern vom Merkur anhebenden Gesetzes der Verdoppelung mit den wahren Planetenabständen konnte schon im vorigen Jahrhundert nicht behauptet werden, da letztere damals genau genug für diesen Zweck bekannt waren. In der Wirklichkeit nähern sich allerdings der Verdoppelung sehr die Abstände zwischen Jupiter, Saturn und Uranus; indes hat sich seit der Entdeckung des Neptun, welcher dem Uranus viel zu nahe steht, das Mangelhafte der Progression in einer augenfälligen Weise zu erkennen gegeben.[21]

Was man das Gesetz des Vicarius Wurm aus Leonberg nennt und bisweilen von dem Titius-Bodeschen Gesetze unterscheidet, ist eine bloße Korrektion, welche Wurm bei der Entfernung des Merkur von der Sonne und bei der Differenz der Merkur- und Venusabstände angebracht hat. Er setzt, der Wahrheit sich mehr nähernd, den ersteren zu 387, den zweiten zu 680, den Erdabstand zu 1000.[22] Gauß hat schon bei Gelegenheit der Entdeckung der Pallas durch Olbers in einem Briefe an Zach (Oktober 1802) das sogenannte Gesetz der Abstände treffend gerichtet. „Das von Titius angegebene," sagt er, „trifft bei den meisten Planeten, gegen die Natur aller Wahrheiten, die den Namen Gesetz verdienen, nur ganz beiläufig, und, was man noch nicht einmal bemerkt zu haben scheint, beim Merkur gar nicht zu. Es ist einleuchtend, daß die Reihe

$$4,\ 4+3,\ 4+6,\ 4+12,\ 4+24,\ 4+48,\ 4+96,\ 4+192,$$

womit die Abstände übereinstimmen sollten, gar nicht einmal eine kontinuierliche Reihe ist. Das Glied, welches vor $4+3$ hergeht, muß ja nicht 4, d. i. $4+0$, sondern $4+1\frac{1}{2}$ sein. Also zwischen 4 und $4+3$ sollten noch unendlich viele liegen, oder, wie Wurm sich ausdrückt, für $n=1$ kommt aus $4+2^{n-2}.3$ nicht 4, sondern $5\frac{1}{2}$. Es ist übrigens gar nicht zu tadeln, wenn man dergleichen ungefähre Uebereinstimmungen in der Natur aufsucht. Die größten Männer aller Zeiten haben solchem lusus ingenii nachgehangen."

5) Massen der Planeten. — Sie sind durch Satelliten, wo solche vorhanden sind, durch gegenseitige Störungen der Hauptplaneten untereinander oder durch Einwirkung eines Kometen von kurzem Umlauf ergründet worden. So wurde von Encke 1841 durch Störungen, welche sein Komet erleidet, die bis dahin unbekannte Masse des Merkur bestimmt. Für Venus bietet derselbe Komet für die Folge Aussicht der Massenverbesserung dar. Auf Jupiter werden die Störungen der Vesta angewandt. Die Masse der Sonne als Einheit genommen, sind (nach Encke, Vierte Abhandlung über den Kometen von Pons in den Schriften der Berliner Akademie der Wissenschaften für 1842, S. 5):

Merkur	$\frac{1}{4865751}$
Venus	$\frac{1}{401839}$
Erde	$\frac{1}{359551}$
(Erde und Mond zusammen . .	$\frac{1}{355499}$)
Mars	$\frac{1}{2680337}$
Jupiter mit seinen Trabanten .	$\frac{1}{1047,879}$
Saturn	$\frac{1}{3501,6}$
Uranus	$\frac{1}{24605}$
Neptun	$\frac{1}{14446}$

Noch größer, jedoch der Wahrheit bemerkenswert nahe: $\frac{1}{9322}$, ist die Masse, welche le Verrier vor der wirklichen Auffindung des Neptun durch Galle mit Hilfe seiner scharfsinnigen Berechnungen ermittelte. Die Reihung der Hauptplaneten, die kleinen ungerechnet, ist demnach bei zunehmender Masse folgende:

Merkur, Mars, Venus, Erde, Uranus, Neptun, Saturn, Jupiter,

also, wie auch in Volum und Dichte, ganz verschieden von der Reihenfolge der Abstände vom Centralkörper.

6) Dichtigkeit der Planeten. — Die vorher erwähnten Volumina und Massen anwendend, erhält man für die Dichtigkeiten der Planeten (je nachdem man die des Erdkörpers oder die des Wassers gleich 1 setzt) folgende numerische Verhältnisse:

Planeten	Verhältnis zum Erdkörper	Verhältnis zur Dichtigkeit des Wassers
Merkur	0,234	6,71
Venus	0,940	5,11
Erde	1,000	5,44
Mars	0,958	5,21
Jupiter	0,243	1,32
Saturn	0,140	0,76
Uranus	0,178	0,97
Neptun	0,230	1,25

In der Vergleichung der planetarischen Dichtigkeiten mit Wasser dient zur Grundlage die Dichtigkeit des Erdkörpers. Reichs Versuche mit der Drehwage haben in Freiberg 5,4383 gegeben, sehr gleich den analogen Versuchen von Cavendish, welche nach der genaueren Berechnung von Francis Baily 5,448 gaben. Aus Bailys eigenen Versuchen folgte das Resultat 5,660. Man erkennt in der obigen Tabelle, daß Merkur nach Enckes Massenbestimmung den anderen Planeten von mittlerer Größe ziemlich nahe steht.

Die vorstehende Tabelle der Dichtigkeiten erinnert lebhaft an die mehrmals von mir berührte Einteilung der Planeten in zwei Gruppen, welche durch die Zone der kleinen Planeten voneinander getrennt werden. Die Unterschiede der Dichtigkeit, welche Mars, Venus, die Erde und selbst Merkur darbieten, sind sehr gering; fast ebenso sind unter sich ähnlich, aber 4 bis 7mal undichter als die vorige Gruppe, die sonnenferneren Planeten Jupiter, Neptun, Uranus und Saturn. Die Dichtigkeit der Sonne (0,252, die der Erde = 1,000 gesetzt, also im Verhältnis zum Wasser 1,37) ist um weniges größer, als die Dichtigkeiten des Jupiter und Neptun. Der zunehmenden Dichte nach müssen demnach Planeten und Sonne[23] folgendermaßen gereiht werden:

Saturn, Uranus, Neptun, Jupiter, Sonne, Venus, Mars, Erde, Merkur.

Obgleich die dichtesten Planeten, im ganzen genommen, die der Sonne näheren sind, so ist doch, wenn man die Planeten einzeln betrachtet, ihre Dichtigkeit keineswegs den Abständen proportional, wie Newton anzunehmen geneigt war.[24]

7) Siderische Umlaufszeit und Achsendrehung. — Wir begnügen uns, hier die siderischen oder wahren Umlaufszeiten der Planeten in Beziehung auf die Fixsterne oder einen festen Punkt des Himmels anzugeben. In der Zeit einer solchen Revolution legt ein Planet volle 360 Grade um die Sonne zurück. Die siderischen Revolutionen (Umläufe) sind sehr von den tropischen und synodischen zu unterscheiden, deren erstere sich auf die Rückkehr zur Frühlingsnachtgleiche, letztere sich auf den Zeitunterschied zwischen zwei nächsten Konjunktionen oder Oppositionen beziehen.

Planeten	Siderische Umlaufszeiten	Rotation
Merkur	87,96928 Tage	. . . .
Venus	224,70078 „	. . . .
Erde	365,25637 „	0ᵀ 23ʰ 56′ 4″
Mars	686,97964 „	1ᵀ 0ʰ 37′ 20″
Jupiter	4332,58480 „	0ᵀ 9ʰ 55′ 27″
Saturn	10759,21981 „	0ᵀ 10ʰ 29′ 17″
Uranus	30686,82051 „	. . . .
Neptun	60126,7 „	. . . .

In einer anderen, mehr übersichtlichen Form sind die wahren Umlaufszeiten:

Merkur 87ᵀ 23ʰ 15′ 46″
Venus 224ᵀ 16ʰ 49′ 7″
Erde 365ᵀ 6ʰ 9′ 10,7496″,

woraus gefolgert wird die tropische Umlaufszeit oder die Länge des Sonnenjahres zu 365,24222ᵀ oder 365ᵀ 5ʰ 48′ 47,8091″; die Länge des Sonnenjahres wird wegen des Vorrückens der Nachtgleichen in 100 Jahren um 0,595″ kürzer

Mars 1 Jahr 321ᵀ 17ʰ 30′ 41″
Jupiter 11 Jahre 314ᵀ 20ʰ 2′ 7″
Saturn 29 Jahre 166ᵀ 23ʰ 16′ 32″
Uranus 84 Jahre 5ᵀ 19ʰ 41′ 36″
Neptun 164 Jahre 225ᵀ 17ʰ

Die Rotation ist bei den sehr großen äußeren Planeten, welche zugleich eine lange Umlaufszeit haben, am schnellsten, bei den kleineren inneren, der Sonne näheren, langsamer.

Die Umlaufszeit der Asteroiden zwischen Mars und Jupiter ist sehr verschieden und wird bei der Herzählung der einzelnen Planeten erwähnt werden. Es ist hier hinlänglich, ein vergleichendes Resultat anzuführen, und zu bemerken, daß unter den kleinen Planeten sich die längste Umlaufszeit findet bei Hygiea, die kürzeste bei Flora.

8) Neigung der Planetenbahnen und Rotationsachsen. — Nächst den Massen der Planeten gehören die Neigung und Exzentrizität ihrer Bahnen zu den wichtigsten Elementen, von welchen die Störungen abhängen. Die Vergleichung derselben in der Reihenfolge der inneren, kleinen mittleren, und äußeren Planeten (von Merkur bis Mars, von Flora bis Hygiea, von Jupiter bis Neptun) bietet mannigfaltige Aehnlichkeiten und Kontraste dar, welche zu Betrachtungen über die Bildung dieser Weltkörper und ihre an lange Zeitperioden geknüpften Veränderungen leiten. Die in so verschiedenen elliptischen Bahnen kreisenden Planeten liegen auch alle in verschiedenen Ebenen; sie werden, um eine numerische Vergleichung möglich zu machen, auf eine feste oder nach einem gegebenen Gesetze bewegliche Fundamentalebene bezogen. Als eine solche gilt am bequemsten die Ekliptik (die Bahn, welche die Erde wirklich durchläuft) oder der Aequator des Erdsphäroids. Wir fügen zu derselben Tabelle die Neigungen der Rotationsachsen der Planeten gegen ihre eigene Bahn hinzu, soweit dieselben mit einiger Sicherheit ergründet sind:

Planeten	Neigung der Planetenbahnen gegen die Ekliptik	Neigung der Planetenbahnen gegen den Erdäquator	Neigung der Achsen der Planeten gegen ihre Bahnen
Merkur . . .	7° 0′ 5,9″	28° 45′ 8″	. . . .
Venus . . .	3° 23′ 28,5″	24° 33′ 21″	. . . .
Erde	0° 0′ 0″	23° 27′ 54,8″	66° 32′
Mars	1° 51′ 6,2″	24° 44′ 24″	61° 18′
Jupiter . . .	1° 18′ 51,6″	23° 18′ 28″	86° 54′
Saturn . . .	2° 29′ 35,9″	22° 38′ 44″	. . . .
Uranus . . .	0° 46′ 28,0″	23° 41′ 24″	. . . .
Neptun . . .	1° 47′	22° 21′	. . . .

Die kleinen Planeten sind hier ausgelassen, weil sie weiter unten als eine eigene abgeschlossene Gruppe behandelt werden.

Wenn man den sonnennahen Merkur ausnimmt, dessen Bahnneigung gegen die Ekliptik (7° 0′ 5,9″) der des Sonnenäquators (7° 30′) sehr nahe kommt, so sieht man die Neigung der anderen sieben Planetenbahnen zwischen 0¾° und 3½° oszillieren. In der Stellung der Rotationsachsen gegen die eigene Bahn ist es Jupiter, welcher sich dem Extreme der Perpendikularität am meisten nähert. Im Uranus dagegen fällt, nach der Neigung der Trabantenbahnen zu schließen, die Rotationsachse fast mit der Ebene der Bahn des Planeten zusammen.

Da von der Größe der Neigung der Erdachse gegen die Ebene der Erdbahn, also von der Schiefe der Ekliptik (d. h. von dem Winkel, welchen die scheinbare Sonnenbahn in ihrem Durchschnittspunkte mit dem Aequator macht), die Verteilung und Dauer der Jahreszeiten, die Sonnenhöhen unter verschiedenen Breiten und die Länge des Tages abhängen, so ist dieses Element von der äußersten Wichtigkeit für die astronomischen Klimate, d. h. für die Temperatur der Erde, insofern dieselbe Funktion der erreichten Mittagshöhen der Sonne und der Dauer ihres Verweilens über dem Horizonte ist. Bei einer großen Schiefe der Ekliptik, oder wenn gar der Erdäquator auf der Erdbahn senkrecht stünde, würde jeder Ort einmal im Jahre, selbst unter den Polen, die Sonne im Zenith, und längere oder kürzere Zeit nicht aufgehen sehen. Die Unterschiede von Sommer und Winter würden unter jeder Breite (wie die Tagesdauer) das Maximum des Gegensatzes erreichen. Die Klimate würden in jeder Gegend der Erde im höchsten Grade zu denen gehören, welche man extreme nennt und die eine unabsehbar verwickelte Reihe schnell wechselnder Luftströmungen nur wenig zu mäßigen vermöchte. Wäre im umgekehrten Fall die Schiefe der Ekliptik null, fiele der Erdäquator mit der Ekliptik zusammen, so hörten an jedem Orte die Unterschiede der Jahreszeiten und Tageszeiten auf, weil die Sonne sich ununterbrochen scheinbar im Aequator bewegen würde. Die Bewohner des Pols würden nie aufhören, sie am Horizonte zu sehen. „Die mittlere Jahrestemperatur eines jeden Punktes der Erdoberfläche würde auch die eines jeden einzelnen Tages sein." Man hat diesen Zustand den eines ewigen Frühlings genannt, doch wohl nur wegen der allgemein gleichen Länge der Tage und Nächte. Ein großer Teil der Gegenden, welche wir jetzt die gemäßigte Zone nennen, würden, da der Pflanzenwuchs jeder anregenden

Sonnenwärme entbehren müßte, in das fast immer gleiche, eben nicht erfreuliche Frühlingsklima versetzt sein, von welchem ich unter dem Aequator in der Andeskette, der ewigen Schneegrenze nahe, auf den öden Bergebenen (Paramos) zwischen 10000 und 12000 Fuß (3250 bis 3900 m) viel gelitten. Die Tagestemperatur der Luft oszilliert dort immerdar zwischen $4\frac{1}{2}^{\circ}$ und 9° Reaumur.

Das griechische Altertum ist viel mit der Schiefe der Ekliptik beschäftigt gewesen, mit rohen Messungen, mit Mutmaßungen über ihre Veränderlichkeit, und dem Einfluß der Neigung der Erdachse auf Klimate und Ueppigkeit der organischen Entwickelung. Diese Spekulationen gehörten vorzüglich dem Anaxagoras, der pythagoreischen Schule und dem Oenopides von Chios an. Die Stellen, welche uns darüber aufklären sollen, sind dürftig und unbestimmt; doch geben sie zu erkennen, daß man sich die Entwickelung des organischen Lebens und die Entstehung der Tiere als gleichzeitig mit der Epoche dachte, in welcher die Erdachse sich zu neigen anfing, was auch die Bewohnbarkeit des Planeten in einzelnen Zonen veränderte. Nach Plutarch De plac. Philos. II, 8 glaubte Anaxagoras: „daß die Welt, nachdem sie entstanden und lebende Wesen aus ihrem Schoße hervorgebracht, sich von selbst gegen die Mittagseite geneigt habe". In derselben Beziehung sagt Diogenes Laertius II, 9 von dem Klazomenier: „Die Sterne hatten sich anfangs in kuppelartiger Lage fortgeschwungen, so daß der jedesmal erscheinende Pol scheitelrecht über der Erde stand; später aber hatten sie die schiefe Richtung angenommen." Die Entstehung der Schiefe der Ekliptik dachte man sich wie eine kosmische Begebenheit. Von einer fortschreitenden späteren Veränderung war keine Rede.

Die Schilderung der beiden extremen, also entgegengesetzten Zustände, denen sich die Planeten Uranus und Jupiter am meisten nähern, sind dazu geeignet, an die Veränderungen zu erinnern, welche die zunehmende oder abnehmende Schiefe der Ekliptik in den metereologischen Verhältnissen unseres Planeten und in der Entwickelung der organischen Lebensformen hervorbringen würde, wenn diese Zu- oder Abnahme nicht in sehr enge Grenzen eingeschlossen wäre. Die Kenntnis dieser Grenzen, Gegenstand der großen Arbeiten von Leonhard Euler, Lagrange und Laplace, kann für die neuere Zeit eine der glänzendsten Errungenschaften der theoretischen Astronomie und der vervollkommneten höheren Ana-

lysis genannt werden. Diese Grenzen sind so enge, daß Laplace Expos. du Système du Monde, éd. 1824, p. 303) die Behauptung aufstellte, die Schiefe der Ekliptik oszilliere nach beiden Seiten nur 1½° um ihre mittlere Lage. Nach dieser Angabe[25] würde uns die Tropenzone (der Wendekreis des Krebses, als ihr nördlichster, äußerster Saum) nur um ebensoviel näher kommen. Es wäre also, wenn man die Wirkung so vieler anderer metereologischer Perturbationen ausschließt, als würde Berlin von seiner jetzigen isothermen Linie allmählich auf die von Prag versetzt. Die Erhöhung der mittleren Jahrestemperatur würde kaum mehr als einen Grad des hundertteiligen Thermometers betragen.[26] Biot nimmt zwar auch nur enge Grenzen in der alternierenden Veränderung der Schiefe der Ekliptik an, hält es aber für ratsamer, sie nicht an bestimmte Zahlen zu fesseln. „La diminution lente et séculaire de l'obliquité de l'écliptique," sagt er, „offre des états alternatifs qui produisent une oscillation éternelle, comprise entre des limites fixes. La théorie n'a pas encore pu parvenir à déterminer ces limites; mais d'après la constitution du système planétaire, elle a démontré qu'elles existent et qu'elles sont *très peu étendues*. Ainsi, à ne considérer que le seul effet de causes constantes qui agissent actuellement sur le système du monde, on peut affirmer que le plan de l'écliptique *n'a jamais coincidé* et ne *coincidera jamais* avec le plan de l'équateur: phénomène qui, s'il arrivait, produirait sur la terre le (prétendu!) printemps perpétuel." Biot, Traité d'Astronomie physique, 3me éd. 1847, T. IV, p. 91.

Während die von Bradley entdeckte Nutation der Erdachse bloß von der Einwirkung der Sonne und des Erdsatelliten auf die abgeplattete Gestalt unseres Planeten abhängt, ist das Zunehmen und Abnehmen der Schiefe der Ekliptik die Folge der veränderlichen Stellung aller Planeten. Gegenwärtig sind diese so verteilt, daß ihre Gesamtwirkung auf die Erdbahn eine Verminderung der Schiefe der Ekliptik hervorbringt. Letztere beträgt jetzt nach Bessel jährlich 0,457″. Nach dem Verlauf von vielen tausend Jahren wird die Lage der Planetenbahnen und ihrer Knoten (Durchschnittspunkte auf der Ekliptik) so verschieden sein, daß das Vorwärtsgehen der Aequinoktien in ein Rückwärtsgehen und demnach in eine Zunahme der Schiefe der Ekliptik wird verwandelt sein. Die

Theorie lehrt, daß diese Zu- und Abnahme Perioden von sehr ungleicher Dauer ausfüllt. Die ältesten astronomischen Beobachtungen, welche uns mit genauen numerischen Angaben erhalten sind, reichen bis in das Jahr 1104 vor Christus hinauf und bezeugen das hohe Alter chinesischer Civilisation. Litterarische Monumente sind kaum hundert Jahre jünger, und eine geregelte historische Zeitrechnung reicht (nach Eduard Biot) bis 2700 Jahre vor Christus hinauf. Unter der Regentschaft des Tscheu-kung, Bruders des Wu-Wang, wurden an einem 8füßigen Gnomon in der Stadt Lo-jang südlich vom gelben Flusse (die Stadt heißt jetzt Ho-nan-fu, in der Provinz Ho-nan) in einer Breite von 34° 46′ die Mittagsschatten in zwei Solstitien gemessen. Sie gaben die Schiefe der Ekliptik zu 23° 54′, also um 27′ größer, als sie 1850 war. Die Beobachtungen von Pytheas und Eratosthenes zu Marseille und Alexandrien sind sechs und sieben Jahrhunderte jünger. Wir besitzen 4 Resultate über die Schiefe der Ekliptik vor unserer Zeitrechnung, und 7 nach derselben bis zu Ulugh Begs Beobachtungen auf der Sternwarte zu Samarkand. Die Theorie von Laplace stimmt auf eine bewundernswürdige Weise, bald in plus, bald in minus, mit den Beobachtungen für einen Zeitraum von fast 3000 Jahren überein. Die uns überkommene Kenntnis von Tscheu-kungs Messung der Schattenlängen ist um so glücklicher, als die Schrift, welche ihrer erwähnt, man weiß nicht aus welcher Ursache, der großen vom Kaiser Schi-hoang-ti aus der Tsindynastie im Jahre 246 vor Chr. anbefohlenen fanatischen Bücherzerstörung entgangen ist. Da der Anfang der 4. ägyptischen Dynastie mit den pyramidenbauenden Königen Chufu, Schafra und Menkera nach den Untersuchungen von Lepsius 23 Jahrhunderte vor der Solstitialbeobachtung zu Lo-jang fällt, so ist bei der hohen Bildungsstufe des ägyptischen Volkes und seiner frühen Kalendereinrichtung es wohl sehr wahrscheinlich, daß auch damals schon Schattenlängen im Nilthal gemessen wurden, Kenntnis davon ist aber nicht auf uns gekommen. Selbst die Peruaner, obgleich weniger fortgeschritten in der Vervollkommnung des Kalenderwesens und der Einschaltungen, als es die Mexikaner und die Muyscas (Bergbewohner von Neugranada) waren, hatten Gnomonen, von einem auf sehr ebener Grundfläche eingezeichneten Kreise umgeben. Es standen dieselben sowohl im Inneren des großen Sonnentempels zu Cuzco als an vielen anderen Orten des Reiches; ja der Gnomon zu Quito,

fast unter dem Aequator gelegen und bei den Aequinoktialfesten mit Blumen bekränzt, wurde in größerer Ehre als die anderen gehalten.[27]

9) Exzentrizität der Planetenbahnen. — Die Form der elliptischen Bahnen ist bestimmt durch die größere oder geringere Entfernung der beiden Brennpunkte vom Mittelpunkt der Ellipse. Diese Entfernung oder Exzentrizität der Planetenbahnen variiert, in Teilen der halben großen Achse der Bahnen ausgedrückt, von 0,006 (also der Kreisform sehr nahe) in Venus und von 0,076 in Ceres bis 0,205 in Merkur und 0,255 in Juno. Auf die am wenigsten exzentrischen Bahnen der Venus und des Neptun folgen am nächsten: die Erde, deren Exzentrizität sich jetzt vermindert und zwar um 0,00004299 in 100 Jahren, während die kleine Achse sich vergrößert, Uranus, Jupiter, Saturn, Ceres, Egeria, Vesta und Mars. Die am meisten exzentrischen Bahnen sind die der Juno (0,255), Pallas (0,239), Iris (0,232), Viktoria (0,217), des Merkur (0,205) und der Hebe (0,202). Die Exzentrizitäten sind bei einigen Planeten im Wachsen, wie bei Merkur, Mars und Jupiter, bei anderen im Abnehmen, wie bei Venus, der Erde, Saturn und Uranus. Die nachfolgende Tabelle gibt die Exzentrizitäten der großen Planeten nach Hansen für das Jahr 1800. Die Exzentrizitäten der 14 kleinen Planeten sollen später nebst anderen Elementen ihrer Bahnen für die Mitte des 19. Jahrhunderts geliefert werden.

Merkur	0,2056163
Venus	0,0068618
Erde	0,0167922
Mars	0,0932168
Jupiter	0,0481621
Saturn	0,0562505
Uranus	0,0466108
Neptun	0,00871946

Die Bewegung der großen Achse (Apsidenlinie) der Planetenbahnen, durch welche der Ort der Sonnennähe (des Perihels) verändert wird, ist eine Bewegung, die ohne Ende, der Zeit proportional, nach einer Richtung fortschreitet. Sie ist eine Veränderung in der Position der Apsidenlinie, welche ihren Cyklus erst in mehr als hunderttausend Jahren vollendet, und wesentlich von den Veränderungen zu unterscheiden, welche die Gestalt der Bahnen, ihre Elliptizität,

erleidet. Es ist die Frage aufgeworfen worden, ob der wachsende Wert dieser Elemente in der Folge von Jahrtausenden die Temperatur der Erde in Hinsicht auf Quantität und Verteilung nach Tages- und Jahreszeiten beträchtlich modifizieren könne? ob in diesen astronomischen, nach ewigen Gesetzen regelmäßig fortwirkenden Ursachen nicht ein Teil der Lösung des großen geologischen Problems der Vergrabung tropischer Pflanzen- und Tierformen in der jetzt kalten Zone gefunden werden könne? Dieselben mathematischen Gedankenverbindungen, welche zu den Besorgnissen über Position der Apsiden, über Form der elliptischen Planetenbahnen (je nachdem diese sich der Kreisform oder einer kometenartigen Exzentrizität nähern), über Neigung der Planetenachsen, Veränderung der Schiefe der Ekliptik, Einfluß der Präzession auf die Jahreslänge anregen, gewähren in ihrer höheren analytischen Entwickelung auch kosmische Motive der Beruhigung. Die großen Achsen und die Massen sind konstant. Periodische Wiederkehr hindert ein maßloses Anwachsen gewisser Perturbationen. Die schon an sich so mäßigen Exzentrizitäten der mächtigsten zwei Planeten, des Jupiter und des Saturn, sind durch eine gegenseitige und dazu noch ausgleichende Wirkung wechselsweise im Zu- und Abnehmen begriffen, wie auch in bestimmte, meist enge Grenzen eingeschlossen.

Durch die Veränderung der Position der Apsidenlinie fällt allmählich der Punkt, in welchem die Erde der Sonne am nächsten ist, in ganz entgegengesetzte Jahreszeiten. Wenn gegenwärtig das Perihel in die ersten Tage des Januar, wie die Sonnenferne (Aphel) sechs Monate später, in die ersten Tage des Juli, fällt, so kann durch das Fortschreiten (die Drehung) der Apsidenlinie oder großen Achse der Erdbahn das Maximum des Abstandes im Winter, das Minimum im Sommer eintreten, so daß im Januar die Erde der Sonne um 700 000 geographische Meilen = 5 194 307 km (d. i. ungefähr $1/30$ des mittleren Abstandes der Erde von der Sonne) ferner stehen würde als im Sommer. Auf den ersten Anblick möchte man also glauben, daß das Eintreten der Sonnennähe in eine entgegengesetzte Jahreszeit (statt des Winters, wie jetzt der Fall ist, in den Sommer) große klimatische Veränderungen hervorbringen müsse; aber in der gemachten Voraussetzung wird die Sonne nicht mehr sieben Tage länger in der nördlichen Halbkugel verweilen, nicht mehr, wie jetzt, den Teil der Ekliptik vom Herbstäquinoktium bis zum Früh-

lingsäquinoktium in einer Zeit durchlaufen, welche um eine Woche kürzer ist als diejenige, während welcher sie die andere Hälfte ihrer Bahn, vom Frühlings- zum Herbstäquinoktium, zurücklegt. Der Temperaturunterschied (und wir verweilen hier bloß bei den astronomischen Klimaten, mit Ausschluß aller physischen Betrachtungen über das Verhältnis des Festen zum Flüssigen auf der vielgestalteten Erdoberfläche, der Temperaturunterschied, welcher die befürchtete Folge der Drehung der Apsidenlinie sein soll, wird meist dadurch im ganzen verschwinden, daß der Punkt, in welchem unser Planet der Sonne am nächsten steht, immer zugleich der ist, durch den der Planet sich am schnellsten bewegt. Das schöne zuerst von Lambert[28] aufgestellte Theorem, nach dem die Wärmemenge, welche die Erde in jedwedem Teile des Jahres von der Sonne empfängt, dem Winkel proportional ist, den in derselben Zeitdauer der radius vector der Sonne beschreibt, enthält gewissermaßen die beruhigende Auflösung des oben bezeichneten Problems.

Wie die veränderte Richtung der Apsidenlinie wenig Einfluß auf die Temperatur des Erdkörpers ausüben kann, so sind auch, nach Arago und Poisson,[29] die Grenzen der wahrscheinlichen Veränderungen der elliptischen Form der Erdbahn so eng beschränkt, daß sie die Klimate der einzelnen Zonen nur mäßig und dazu in langen Perioden sehr allmählich modifizieren. Ist auch die Analyse, welche diese Grenze genau bestimmt, noch nicht ganz vollendet, so geht aus derselben doch wenigstens so viel hervor, daß die Exzentrizität der Erde nie in die der Juno, der Pallas und der Viktoria übergehen werde.

10) Lichtstärke der Sonne auf den Planeten. — Wenn man die Lichtstärke auf der Erde = 1 setzt, so findet man für

Merkur	6,674
Venus	1,911
Mars	0,431
Pallas	0,130
Jupiter	0,036
Saturn	0,011
Uranus	0,003
Neptun	0,001

Als Folge sehr großer Exzentrizität haben Lichtintensität:

Merkur	in dem Perihel	10,58,	im Aphel	4,59
Mars	„ „	0,52,	„ „	0,36
Juno	„ „	0,25,	„ „	4,09

während die Erde bei der geringen Exzentrizität ihrer Bahn im Perihel 1,034, im Aphel 0,967 hat. Wenn das Sonnenlicht auf Merkur 7mal intensiver als auf der Erde ist, so muß es auf Uranus 368mal schwächer sein. Der Wärmeverhältnisse ist hier schon darum nicht Erwähnung geschehen, weil sie, als ein kompliziertes Phänomen, von der besonderen Beschaffenheit der Planetenatmosphären, ihrer Höhe, ihrer Existenz oder Nichtexistenz abhängig sind. Ich erinnere nur hier an die Vermutungen von Sir John Herschel über die Temperatur der Mondoberfläche, „welche vielleicht den Siedepunkt des Wassers ansehnlich übertrifft".

b. Nebenplaneten.

Die allgemeinen vergleichenden Betrachtungen über die Nebenplaneten sind mit einiger Vollständigkeit schon im Naturgemälde (Kosmos Bd. I, S. 69 bis 72) geliefert worden. Damals (März 1845) waren nur 11 Haupt- und 18 Nebenplaneten bekannt. Von den Asteroiden, sogenannten teleskopischen oder kleinen Planeten waren bloß erst vier: Ceres, Pallas, Juno und Vesta, entdeckt. Gegenwärtig (August 1851) übertrifft die Zahl der Hauptplaneten die der Trabanten. Wir kennen von den ersteren 22, von den letzteren 21. Nach einer 38jährigen Unterbrechung planetarischer Entdeckungen, von 1807 bis Dezember 1845, begann mit der Asträa von Hencke eine lange Folge von 10 neuentdeckten kleinen Planeten. Von diesen hat Hencke zu Driesen zwei (Asträa und Hebe), Hind in London vier (Iris, Flora, Viktoria und Irene), Graham zu Markree-Castle einen (Metis) und de Gasparis zu Neapel drei (Hygiea, Parthenope und Egeria) zuerst erkannt. Der äußerste aller großen Planeten, der von le Verrier in Paris verkündigte, von Galle zu Berlin aufgefundene Neptun, folgte nach 10 Monaten der Asträa. Die Entdeckungen häufen sich jetzt mit solcher Schnelligkeit, daß die Topographie des Sonnengebietes nach Ablauf weniger Jahre ebenso veraltet erscheint als statistische Länderbeschreibungen.

Von den jetzt bekannten 21 Satelliten gehören, einer der Erde, 4 dem Jupiter, 8 dem Saturn (der letztentdeckte unter diesen 8 ist dem Abstande nach der 7., Hyperion; zugleich in zwei Weltteilen von Bond und Lassell entdeckt), 6 dem Uranus (von denen besonders der 2. und 4. am sichersten bestimmt sind), 2 dem Neptun.

Die um Hauptplaneten kreisenden Satelliten sind untergeordnete Systeme, in welchen die Hauptplaneten als Centralkörper auftreten, eigene Gebiete von sehr verschiedenen Dimensionen bildend, in denen sich im kleinen das große Sonnengebiet gleichsam wiederholt. Nach unseren Kenntnissen hat das Gebiet des Jupiter im Durchmesser 520 000 (3 858 600 km), das des Saturn 1 050 000 geogr. Meilen (7 791 400 km). Diese Analogieen zwischen den untergeordneten Systemen und dem Sonnensysteme haben zu Galileis Zeiten, in denen der Ausdruck einer kleinen Jupiterswelt (Mundus Jovialis) oft gebraucht wurde, viel zur schnelleren und allgemeineren Verbreitung des kopernikanischen Weltsystems beigetragen. Sie mahnen an Wiederholung von Form und Stellung, welche das organische Naturleben in untergeordneten Sphären ebenfalls oft darbietet.

Die Verteilung der Satelliten im Sonnengebiete ist so ungleich, daß, wenn im ganzen die mondlosen Hauptplaneten sich wie 3 zu 5 zu den von Monden begleiteten verhalten, die letzteren alle bis auf einen einzigen, die Erde, zu der äußeren planetarischen Gruppe, jenseits des Ringes der miteinander verschlungenen Asteroiden, gehören. Der einzige Satellit, welcher sich in der Gruppe der inneren Planeten zwischen der Sonne und den Asteroiden gebildet hat, der Erdmond, ist auffallend groß im Verhältnis seines Durchmessers zu dem seines Hauptplaneten. Dieses Verhältnis ist $\frac{1}{3,8}$, da doch der größte aller Saturnstrabanten (der 6., Titan) vielleicht nur $\frac{1}{15,5}$ und der größte der Jupiterstrabanten, der 3., $\frac{1}{25,8}$ des Durchmessers ihres Hauptplaneten sind. Man muß diese Betrachtung einer relativen Größe sehr von der absoluten Größe unterscheiden. Der relativ so große Erdmond (454 Meilen im Durchmesser) ist absolut kleiner als alle vier Jupiterstrabanten (von 776, 664, 529 und 475 Meilen = 4060, 3410, 5770 und 4810 km). Der 6. Saturnstrabant ist sehr wenig von der Größe des Mars (892 Meilen) verschieden. Wenn das Problem der teleskopischen Sichtbarkeit von dem

Durchmesser allein abhinge, und nicht gleichzeitig durch die Nähe der Scheibe des Hauptplaneten, durch die große Entfernung und die Beschaffenheit der lichtreflektierenden Oberfläche bedingt wäre, so würde man für die kleinsten der Nebenplaneten den 1. und 2. der Saturnstrabanten (Mimas und Enceladus) und die beiden mehrfach gesehenen Uranustrabanten zu halten haben; vorsichtiger ist es aber, sie bloß als die kleinsten Lichtpunkte zu bezeichnen. Gewisser scheint es bis jetzt, daß unter den kleinen Planeten überhaupt die kleinsten aller planetarischen Weltkörper (Haupt- und Nebenplaneten) zu suchen sind.[30]

Die Dichtigkeit der Satelliten ist keineswegs immer geringer als die ihres Hauptplaneten, wie dies der Fall ist beim Erdmonde (dessen Dichtigkeit nur 0,619 von der unserer Erde ist) und bei dem 4. Jupiterstrabanten. Der dichteste dieser Trabantengruppe, der 2., ist auch dichter als Jupiter selbst, während der 3. und größte gleiche Dichtigkeit mit dem Hauptplaneten zu haben scheint. Auch die Massen nehmen gar nicht mit dem Abstande zu. Sind die Planeten aus kreisenden Ringen entstanden, so müssen eigene, uns vielleicht ewig unbekannt bleibende Ursachen größere und kleinere, dichtere oder undichtere Anhäufungen um einen Kern veranlaßt haben.

Die Bahnen der Nebenplaneten, die zu einer Gruppe gehören, haben sehr verschiedene Exzentrizitäten. Im Jupiterssysteme sind die Bahnen der Trabanten 1 und 2 fast kreisförmig, während die Exzentrizitäten der Trabanten 3 und 4 auf 0,0013 und 0,0072 steigen. Im Saturnssysteme ist die Bahn des dem Hauptplaneten nächsten Trabanten (Mimas) schon beträchtlich exzentrischer als die Bahnen von Enceladus und des von Bessel so genau bestimmten Titan, welcher zuerst entdeckt wurde und der größte ist. Die Exzentrizität dieses 6. Trabanten des Saturn ist nur 0,02922. Nach allen diesen Angaben, die zu den sicheren gehören, ist Mimas allein mehr exzentrisch als der Erdmond (0,05484); letzterer hat die Eigenheit, daß seine Bahn um die Erde unter allen Satelliten die stärkste Exzentrizität im Vergleich mit der des Hauptplaneten zeigt. Mimas (0,068) kreist um Saturn (0,056), aber unser Mond (0,054) um die Erde, deren Exzentrizität nur 0,016 ist. Ueber die Abstände der Trabanten von den Hauptplaneten vergl. Kosmos Bd. I, S. 70. Die Entfernung des dem Saturn nächsten Trabanten (Mimas) wird gegenwärtig nicht mehr zu 20 022 geogr. Meilen, sondern zu 25 600

(190 000 km) angeschlagen, woraus sich ein Abstand von dem Ringe des Saturn, diesen zu 6047 Meilen (44 870 km) Breite und den Abstand des Ringes von der Oberfläche des Planeten zu 4594 Meilen (34 490 km) gerechnet, von etwas über 7000 Meilen (51 940 km) ergibt.[31] Auch in der Lage der Satellitenbahnen zeigen sich merkwürdige Anomalieen neben einer gewissen Uebereinstimmung in dem Systeme des Jupiter, dessen Satelliten sich sehr nahe alle in der Ebene des Aequators des Hauptplaneten bewegen. In der Gruppe der Saturnstrabanten kreisen 7 meist in der Ebene des Ringes, während der äußerste 8., Japetus, 12° 14′ gegen die Ringebene geneigt ist.

In diesen allgemeinen Betrachtungen über die Planetenkreise im Weltall sind wir von dem höheren, wahrscheinlich nicht höchsten, Systeme, von dem der Sonne, zu den untergeordneten Partialsystemen des Jupiter, des Saturn, des Uranus, des Neptun herabgestiegen. Wie dem denkenden und zugleich phantasierenden Menschen ein Streben nach Verallgemeinerung der Ansichten angeboren ist, wie ihm ein unbefriedigtes kosmisches Ahnen in der translatorischen Bewegung[32] unseres Sonnensystemes durch den Weltraum die Idee einer höheren Beziehung und Unterordnung darzubieten scheint, so ist auch der Möglichkeit gedacht worden, daß die Trabanten des Jupiter wieder Centralkörper für andere sekundäre, wegen ihrer Kleinheit nicht gesehene Weltkörper sein könnten. Dann wären den einzelnen Gliedern der Partialsysteme, deren Hauptsitz die Gruppe der äußeren Hauptplaneten ist, andere, ähnliche Partialsysteme untergeordnet. Formwiederholungen in wiederkehrender Gliederung gefallen allerdings, auch als selbstgeschaffene Gebilde, dem ordnenden Geiste; aber jeder ernsteren Forschung bleibt es geboten, den idealen Kosmos nicht mit dem wirklichen, das Mögliche nicht mit dem durch sichere Beobachtung Ergründeten zu vermengen.

Anmerkungen.

[1] (S. 300.) Bei den Chaldäern waren Sonne und Mond die zwei Hauptgottheiten, den fünf Planeten standen nur Genien vor.

[2] (S. 300.) Humboldt, Monumens des peuples indigènes de l'Amérique T. II, p. 42—49. Ich habe schon damals, 1812, auf die Analogieen des Tierkreises von Bianchini mit dem von Dendera aufmerksam gemacht.

[3] (S. 300.) Letronne bestreitet schon wegen der Zahl 7 den altchaldäischen Ursprung der Planetenwoche.

[4] (S. 300). Weder Vitruvius noch Martianus Capella geben die Aegypter als Urheber eines Systemes an, nach welchem Merkur und Venus Satelliten der planetarischen Sonne sind. Bei dem ersteren heißt es: „Mercurii autem et Veneris stellae circum Solis radios, Solem ipsum, uti centrum, itineribus coronantes, regressus retrorsum et retardationes faciunt."

[5] (S. 300.) Martianus Mineus Felix Capella, De nuptiis philos. et Mercurii lib. VIII, ed. Grotii 1599, p. 289: „Nam Venus Mercuriusque licet ortus occasusque quotidianos ostendant, tamen eorum circuli Terras omnino non ambiunt, sed circa Solem laxiore ambitu circulantur. Denique circulorum suorum centron in Sole constituunt, ita ut supraipsum aliquando ...." Da diese Stelle überschrieben ist: Quod Tellus non sit centrum omnibus planetis, so konnte sie freilich, wie Gassendi behauptet, Einfluß auf die ersten Ansichten des Kopernikus ausüben, mehr als die dem großen Geometer Apollonius von Perga zugeschriebenen Stellen. Doch sagt Kopernikus auch nur: „minime contemnendum arbitror, quod Martianus Capella scripsit, existimans quod Venus et Mercurius circumerrant Solem in medio existentem."

[6] (S. 300.) Henri Martin in seinem Kommentar zum Timäus scheint mir sehr glücklich die Stelle des Macrobius über die ratio Chaldaeorum, welche den vortrefflichen Ideler irre geführt hat, erläutert zu haben. Macrobius weiß nichts von dem Systeme des Vitruvius und Martianus Capella, nach welchem Merkur und Venus Trabanten der Sonne sind, die sich aber selbst wie die anderen Planeten um die fest im Centrum stehende Erde bewegt.

Er zählt bloß die Unterschiede auf in der Reihenfolge der Bahnen von Sonne, Venus, Merkur und Mond nach den Annahmen des Cicero. „Ciceroni," sagt er, „Archimedes et Chaldaeorum ratio consentit, Plato Aegyptios secutus est." Wenn Cicero in der beredten Schilderung des ganzen Planetensystemes ausruft: „hunc (Solem) ut comites consequuntur Veneris alter, alter Mercurii cursus", so deutet er nur auf die Nähe der Kreise der Sonne und jener zwei unteren Planeten, nachdem er vorher die drei Kursus des Saturn, Jupiter und Mars aufgezählt hatte, alle kreisend um die unbewegliche Erde. Die Kreisbahn eines Nebenplaneten kann nicht die Kreisbahn eines Hauptplaneten umschließen, und doch sagt Macrobius bestimmt: „Aegyptiorum ratio talis est: circulus, per quem Sol discurrit, a Mercurii circulo ut inferior ambitur, illum quoque superior circulus Veneris includit." Es sind alles sich parallel bleibende, einander gegenseitig umfangende Bahnen.

[7] (S. 301.) Der bei Vettius Valens und Cedrenus verstümmelte Name des Planeten Mars soll mit Wahrscheinlichkeit dem Namen Her-tosch entsprechen, wie Seb dem Saturn.

[8] (S. 301.) Die auffallendsten Unterschiede finden sich, wenn man vergleicht Aristot. Metaphys. XII, cap. 8, p. 1073 Bekker mit Pseudo-Aristot. De Mundo cap. 2, p. 392. In dem letzteren Werke erscheinen schon die Planetennamen Phaethon, Pyrois, Herkules, Stilbon und Juno, was auf die Zeiten des Apulejus und der Antonine hindeutet, wo chaldäische Astrologie bereits über das ganze römische Reich verbreitet war und Benennungen verschiedener Völker miteinander gemengt waren. Daß die Chaldäer zuerst die Planeten nach ihren babylonischen Göttern genannt haben und daß diese göttlichen Planetennamen so zu den Griechen übergegangen sind, spricht bestimmt aus Diodor von Sizilien. Ideler schreibt dagegen diese Benennungen den Aegyptern zu, und gründet sich auf die alte Existenz einer siebentägigen Planetenwoche am Nil, eine Hypothese, die Lepsius vollkommen widerlegt hat. Ich will hier aus dem Eratosthenes, aus dem Verfasser der Epinomis (Philippus Opuntius?), aus Geminus, Plinius, Theon dem Smyrnäer, Cleomedes, Achilles Tatius, Julius Firmicus und Simplicius die Synonymie der fünf ältesten Planeten zusammentragen, wie sie uns hauptsächlich durch Vorliebe zu astrologischen Träumereien erhalten worden sind:

Saturn: φαίνων, Nemesis, auch eine Sonne genannt von fünf Autoren (Theon. Smyrn. p. 87 und 165 Martin);
Jupiter: φαέθων, Osiris;
Mars: πυρόεις, Herkules;
Venus: ἑωςφόρος, φωςφόρος, Luzifer; ἕσπερος, Vesper; Juno, Isis;
Merkur: στίλβων, Apollo.

Achilles Tatius findet es befremdend, daß „Aegypter wie Griechen den lichtschwächsten der Planeten (wohl nur weil er Heil bringt)

den Glänzenden nennen." Nach Diodor bezieht sich der Name darauf, „daß Saturn der die Zukunft am meisten und klarsten verkündigende Planet war". Benennungen, die von einem Volke zum anderen als Aequivalente übergehen, hängen allerdings oft ihrem Ursprunge nach von nicht zu ergründenden Zufälligkeiten ab; doch ist hier wohl zu bemerken, daß sprachlich φαίνειν ein bloßes Scheinen, also ein matteres Leuchten mit kontinuierlichem, gleichmäßigem Lichte ausdrückt, während στίλβειν ein unterbrochenes, lebhafter glänzendes, funkelnderes Licht voraussetzt. Die beschreibenden Benennungen: φαίνων für den entfernteren Saturn, στίλβων für den uns näheren Planeten Merkur, scheinen um so passender, als ich schon früher daran erinnert habe, wie bei Tage im großen Refraktor von Fraunhofer Saturn und Jupiter lichtschwach erscheinen in Vergleich mit dem funkelnden Merkur. Es ist daher, wie Professor Franz bemerkt, eine Folge zunehmenden Glanzes angedeutet von Saturn (φαίνων) bis zu Jupiter, dem leuchtenden Lenker des Lichtwagens (φαέθων), bis zum farbig glühenden Mars (πυρόεις), bis zu der Venus (φωςφόρος) und dem Merkur (στίλβων).

Die mir bekannte indische Benennung des langsam Wandelnden ('sanaistschara) für Saturn hat mich veranlaßt, meinen berühmten Freund Bopp zu befragen, ob überhaupt auch in den indischen Planetennamen, wie bei den Griechen und wahrscheinlich den Chaldäern, zwischen Götternamen und beschreibenden Namen zu unterscheiden sei. Ich teile hier mit, was ich diesem großen Sprachforscher verdanke, lasse aber die Planeten nach ihren wirklichen Abständen von der Sonne wie in der obigen Tabelle (beginnend vom größten Abstande) folgen, nicht wie sie im Amarakoscha gereiht sind. Es gibt nach Sanskritbenennung in der That unter fünf Namen drei beschreibende: Saturn, Mars und Venus.

„Saturn: 'sanaistschara, von 'sanais, langsam, und tschara, gehend; auch 'sauri: eine Benennung des Wischnu (herstammend als Patronymikum von 'sûra, Großvater des Krischna) und 'sani. Der Planetenname 'sani-vâra für dies Saturni ist wurzelhaft verwandt mit dem Adverbium 'sanais, langsam. Die Benennungen der Wochentage nach Planeten scheint aber Amarasinha nicht zu kennen. Sie sind wohl späterer Einführung."

„Jupiter: Vrihaspati, oder nach älterer, vedischer Schreibart, der Lassen folgt, Brihaspati, Herr des Wachsens; eine vedische Gottheit, von vrih (brih), wachsen, und pati, Herr."

„Mars: angaraka (von angara, brennende Kohle); auch lohitânga, der Rotkörper; von lôhita, rot, und anga, Körper."

„Venus: ein männlicher Planet, der 'sukra heißt, d. i. der glänzende. Eine andere Benennung dieses Planeten ist daitya-guru, Lehrer, guru, der Titanen, Daityas."

„Merkur: Budha, nicht zu verwechseln als Planetenname mit dem Religionsstifter Buddha, auch Rauhinêya, Sohn der Nymphe Rohinî, Gemahlin des Mondes (soma), weshalb der Planet bisweilen saumya heißt, ein Patronymikum vom Sanskritworte Mond. Die sprachliche Wurzel von budha, dem Planetennamen, und buddha, dem Heiligen, ist budh, wissen. Daß Wuotan (Wotan, Odin) im Zusammenhang mit Budha stehe, ist mir unwahrscheinlich. Die Vermutung gründet sich wohl hauptsächlich auf die äußerste Formähnlichkeit und auf die Uebereinstimmung der Benennung des Wochentages, dies Mercurii, mit dem altsächsischen Wôdanes-dag und dem indischen Budha-vâra, d. i. Budhas-Tag. Vâra bedeutet ursprünglich Mal: z. B. in bahuvârân, vielmal; später kommt es am Ende eines Kompositums in der Bedeutung Tag vor. Den germanischen Wuotan leitet Jakob Grimm von dem Verbum watan, vuot (unserem waten) ab, welches bedeutet: meare, transmeare, cum impetu ferri, und buchstäblich dem lateinischen vadere entspreche. Wuotan, Odinn ist nach Jakob Grimm das allmächtige, alldurchdringende Wesen: qui omnia permeat, wie Lucan vom Jupiter sagt.“ Vergl. über den indischen Namen des Wochentages, über Budha und Buddha und die Wochentage überhaupt die Bemerkungen meines Bruders in seiner Schrift: Ueber die Verbindungen zwischen Java und Indien.

[9] (S. 301.) Salmasius sah in dem ältesten Planetenzeichen des Jupiter den Anfangsbuchstaben von Ζεός, in dem des Mars eine Abkürzung des Beinamens θούριος. Die Sonnenscheibe wurde als Zeichen durch einen schief und triangulär ausströmenden Strahlenbündel fast unkenntlich gemacht. Da die Erde, das philolaisch-pythagoreische System etwa abgerechnet, nicht den Planeten beigezählt wurde, so hält Letronne das Planetenzeichen der Erde „für später als Kopernikus in Gebrauch gekommen“. — Die merkwürdige Stelle des Olympiodorus über die Weihung der Metalle an einzelne Planeten ist dem Proclus entlehnt und von Böckh aufgefunden worden. Vergl. für Olympiodorus: Aristot. Meteorol. ed. Ideler T. II, p. 163. Auch das Scholion zum Pindar, in welchem die Metalle mit den Planeten verglichen werden, gehört der neuplatonischen Schule an. Planetenzeichen sind nach derselben Verwandtschaft der Ideen nach und nach Metallzeichen, ja einzeln (wie Mercurius für Quecksilber, argentum vivum und hydrargyrus des Plinius) Metallnamen geworden. In der kostbaren griechischen Manuskriptensammlung der Pariser Bibliothek befinden sich über die kabbalistische sogenannte heilige Kunst zwei Handschriften, deren eine, ohne Planetenzeichen, die den Planeten geweihten Metalle aufführt, die andere aber, der Schrift nach aus dem 15. Jahrhundert (eine Art chemisches Wörterbuch), Namen der Metalle mit

einer geringen Anzahl von Planetenzeichen verbindet. In der Pariser Handschrift Nr. 2250 wird das Quecksilber dem Merkur, das Silber dem Monde zugeschrieben, wenn umgekehrt in Nr. 2329 dem Monde das Quecksilber und dem Jupiter das Zinn angehört. Letzteres Metall hat Olympiodorus dem Merkur beigelegt. So schwankend waren die mystischen Beziehungen der Weltkörper zu den Metallkräften.

Es ist hier der Ort, auch der Planetenstunden und der Planetentage in der kleinen siebentägigen Periode (Woche) zu erwähnen, über deren Alter und Verbreitung unter ferne Völker erst in der neuesten Zeit richtigere Ansichten aufgestellt worden sind. Die Aegypter haben ursprünglich, wie Lepsius erwiesen und Denkmäler bezeugen, welche bis in die ältesten Zeiten der großen Pyramidenbaue hinaufreichen, keine siebentägige, sondern zehntägige, der Woche ähnliche, kleine Perioden gehabt. Drei solcher Dekaden bildeten einen der zwölf Monate des Sonnenjahres. Wenn wir bei Dio Cassius lesen: „daß der Gebrauch, die Tage nach den sieben Planeten zu benennen, zuerst bei den Aegyptern aufgekommen sei, und sich vor nicht gar langer Zeit von ihnen zu allen übrigen Völkern verbreitet habe, namentlich zu den Römern, bei denen er nun schon ganz einheimisch sei“, so muß man nicht vergessen, daß dieser Schriftsteller in der späten Zeit des Alexander Severus lebte, und es seit dem ersten Einbruche der orientalischen Astrologie unter den Cäsaren und bei dem frühen großen Verkehr so vieler Volksstämme in Alexandrien die Sitte des Abendlandes wurde, alles Altscheinende ägyptisch zu nennen. Am ursprünglichsten und verbreitetsten ist ohne Zweifel die siebentägige Woche bei den semitischen Völkern gewesen, nicht bloß bei den Hebräern, sondern selbst unter den arabischen Nomaden lange vor Mohammed. Ich habe einem gelehrten Forscher des semitischen Altertums, dem orientalischen Reisenden Professor Tischendorf zu Leipzig, die Fragen vorgelegt: ob in den Schriften des Alten Bundes sich außer dem Sabbath Namen für die einzelnen Wochentage (andere als der zweite und dritte Tag des schebua) finden? ob nicht irgendwo im Neuen Testamente zu einer Zeit, wo fremde Bewohner von Palästina gewiß schon planetarische Astrologie trieben, eine Planetenbenennung für einen Tag der siebentägigen Periode vorkommen? Die Antwort war: „Es fehlen nicht nur im Alten und Neuen Testamente alle Spuren für Wochentagsbenennung nach Planeten, sie fehlen auch in Mischna und Talmud. Man sagte auch nicht: der zweite oder dritte Tag des schebua, und zählte gewöhnlich die Tage des Monats, nannte auch den Tag vor dem Sabbath den sechsten Tag, ohne weiteren Zusatz. Das Wort Sabbath wurde auch geradezu auf die Woche übertragen, daher auch im Talmud für die einzelnen Wochentage: erster, zweiter, dritter des Sabbaths steht. Das Wort ἑβδομάς für schebua hat das Neue Testament nicht. Der Talmud, der freilich vom 2. bis in das 5. Jahrhundert seiner Redaktion nach reicht

hat beschreibende hebräische Namen für einzelne Planeten, für die glänzende Venus und den roten Mars. Darunter ist besonders merkwürdig der Name Sabbatei (eigentlich Sabbathstern) für Saturn, wie unter den pharasäischen Sternnamen, welche Epiphanius aufzählt, für den Planeten Saturn der Name Hochab Sabbath gebraucht wird. Ist dies nicht von Einfluß darauf gewesen, daß der Sabbathtag zum Saturntage wurde, Saturni sacra dies des Tibull? Eine andere Stelle des Tacitus erweitert den Kreis dieser Beziehungen auf Saturn als Planet und als eine traditionell-historische Person."

Die verschiedenen Lichtgestalten des Mondes haben gewiß früher die Aufmerksamkeit von Jäger- und Hirtenvölkern auf sich gezogen als astrologische Phantasieen. Es ist daher wohl mit Ideler anzunehmen, daß die Woche aus der Länge synodischer Monate entstanden ist, deren vierter Teil im Mittel $7^3/_8$ Tage beträgt, daß dagegen Beziehungen auf die Planetenreihen (die Folge ihrer Abstände voneinander) samt den Planetenstunden und -tagen einer ganz anderen Periode fortgeschrittener, theoretisierender Kultur angehören.

Ueber die Benennung der einzelnen Wochentage nach Planeten und über die Reihung und Folge der Planeten:

Saturn,
Jupiter,
Mars,
Sonne,
Venus,
Merkur und
Mond,

nach dem ältesten und am meisten verbreiteten Glauben zwischen der Fixsternsphäre und der feststehenden Erde als Centralkörper, sind drei Meinungen aufgestellt worden: eine entnommen aus musikalischen Intervallen, eine andere aus der astrologischen Benennung der Planetenstunden, eine dritte aus der Verteilung von je drei Dekanen, oder drei Planeten, welche die Herren (domini) dieser Dekane sind, unter die zwölf Zeichen des Tierkreises. Die beiden ersten Hypothesen finden sich in der merkwürdigen Stelle des Dio Cassius, in welcher er erläutern will, warum die Juden den Tag des Saturn (unseren Sonnabend) nach ihrem Gesetze feiern. „Wenn man," sagt er, „das musikalische Intervall, welches διὰ τεσσάρων, die Quarte, genannt wird, auf die sieben Planeten nach ihren Umlaufszeiten anwendet, und dem Saturn, dem äußersten von allen, die erste Stelle anweist, so trifft man zunächst auf den vierten (die Sonne), dann auf den siebenten (den Mond), und erhält so die Planeten in der Ordnung, wie sie als Namen der Wochentage aufeinander folgen." Die zweite Erklärung des Dio Cassius ist von der periodischen Reihe der Planetenstunden her-

genommen. „Wenn man," setzt er hinzu, „die Stunden des Tages und der Nacht von der ersten (Tagesstunde) zu zählen beginnt, diese dem Saturn, die folgende dem Jupiter, die dritte dem Mars, die vierte der Sonne, die fünfte der Venus, die sechste dem Merkur, die siebente dem Monde beilegt, nach der Ordnung, welche die Aegypter den Planeten anweisen, und immer wieder von vorn anfängt, so wird man, wenn man alle 24 Stunden durchgegangen ist, finden, daß die erste des folgenden Tages auf die Sonne, die erste des dritten auf den Mond, kurz die erste eines jeden Tages auf den Planeten trifft, nach welchem der Tag benannt wird." Ebenso nennt Paulus Alexandrinus, ein astronomischer Mathematiker des 4. Jahrhunderts, den Regenten jedes Wochentages denjenigen Planeten, dessen Name auf die erste Tagesstunde fällt.

Diese Erklärungsweise von den Benennungen der Wochentage ist bisher sehr allgemein für die richtigere angesehen worden; aber Letronne, gestützt auf den im Louvre aufbewahrten, lange vernachlässigten Tierkreis des Bianchini, auf welchen ich selbst im Jahre 1812 die Archäologen wegen der merkwürdigen Verbindung eines griechischen und kirgisisch-tatarischen Tierkreises wiederum aufmerksam gemacht habe, hält eine dritte Erklärungsart, die Verteilung von je drei Planeten auf ein Zeichen des Tierkreises, für die entsprechendste. Diese Planetenverteilung unter die 36 Dekane der Dodekatomerie ist ganz die, welche Julius Firmicus Maternus als „Signorum decani eorumque domini" beschreibt. Wenn man in jedem Zeichen den Planeten sondert, welcher der erste der drei ist, so erhält man die Folge der Planetentage in der Woche. (**Jungfrau:** S o n n e, Venus, Merkur; **Wage:** M o n d, Saturn, Jupiter; **Skorpion:** M a r s, Sonne, Venus; **Schütze:** M e r k u r . . . . können hier als Beispiel dienen für die vier ersten Wochentage; dies *Solis, Lunae, Martis, Mercurii.*) Da nach Diodor die Chaldäer ursprünglich nur fünf Planeten (die sternartigen), nicht sieben zählten, so scheinen alle hier aufgeführten Kombinationen, in denen mehr als fünf Planeten periodische Reihen bilden, wohl nicht eines altchaldäischen, sondern vielmehr sehr späten astrologischen Ursprunges zu sein.

Ueber die Konkordanz der Reihung der Planeten als W o c h e n t a g e mit ihrer Reihung und Verteilung unter die D e k a n e in dem Tierkreis von Bianchini wird es vielleicht einigen Lesern willkommen sein, hier noch eine ganz kurze Erläuterung zu finden. Wenn man in der im Altertum geltenden P l a n e t e n o r d n u n g jedem Weltkörper einen Buchstaben gibt (S a t u r n a, J u p i t e r b, M a r s c, S o n n e d, V e n u s e, M e r k u r f, M o n d g) und aus diesen sieben Gliedern die periodische Reihe

a b c d e f g, a b c d . . .

bildet, so erhält man 1) durch Ueberspringung von zwei Gliedern, bei der Verteilung unter die D e k a n e, deren jeder drei Planeten

umfaßt (von welchen der erste jeglichen Zeichens im Tierkreise dem Wochentage seinen Namen gibt), die neue periodische Reihe

a d g c f b e, a d g c . . .

das ist: Dies Saturni, Solis, Lunae, Martis u. s. f.; 2) dieselbe neue Reihe

a d g c . . . .

durch die von Dio Cassius angegebene Methode der 24 Planetenstunden, nach welcher die aufeinander folgenden Wochentage ihren Namen von dem Planeten entlehnen, welcher die erste Tagesstunde beherrscht, so daß man also abwechselnd ein Glied der periodischen, siebengliederigen Planetenreihe zu nehmen und 23 Glieder zu überspringen hat. Nun ist es bei einer periodischen Reihe gleichgültig, ob man eine gewisse Anzahl von Gliedern, oder diese Anzahl um irgend ein Multiplum der Gliederzahl der Periode (hier sieben) vermehrt, überspringt. Ein Ueberspringen von 23 (= 3 . 7 + 2) Gliedern in der zweiten Methode, der der Planetenstunden, führt also zu demselben Resultate als die erste Methode der Dekane, in welcher nur zwei Glieder übersprungen wurden.

Es ist schon oben auf die merkwürdige Aehnlichkeit zwischen dem vierten Wochentage, dies Mercurii, dem indischen Budhavâra und dem altsächsischen Wôdanes-dag hingewiesen worden. Die von William Jones behauptete Identität des Religionsstifters Buddha und des in nordischen Heldensagen wie in der nordischen Kulturgeschichte berühmten Geschlechtes von Odin oder Wuotan und Wotan wird vielleicht noch mehr an Interesse gewinnen, wenn man sich des Namens Wotan, einer halb mythischen, halb historischen Person, in einem Teil des neuen Kontinents erinnert, über die ich viele Notizen in meinem Werke über Monumente und Mythen der Eingeborenen von Amerika zusammengetragen habe. Dieser amerikanische Wodan ist nach den Traditionen der Eingeborenen von Chiapas und Soconusco Enkel des Mannes, welcher bei der großen Ueberschwemmung sich in einem Nachen rettete und das Menschengeschlecht erneuerte; er ließ große Bauwerke aufführen, während welcher (wie bei der mexikanischen Pyramide von Cholula) Sprachenverwirrung, Kampf und Zerstreuung der Volksstämme erfolgten. Sein Name ging auch (wie der Odinsname im germanischen Norden) in das Kalenderwesen der Eingeborenen von Chiapas über. Nach ihm wurde eine der fünftägigen Perioden genannt, deren vier den Monat der Chiapaneken wie der Azteken bildeten. Während bei den Azteken die Namen und Zeichen der Tage von Tieren und Pflanzen hergenommen waren, bezeichneten die Eingeborenen von Chiapas (eigentlich Teochiapan) die Monatstage durch die Namen von 20 Anführern, welche, aus dem Norden kommend, sie so weit südlich geführt hatten. Die vier heldenmütigsten: Wotan oder Wodan, Lambat, Been und Chinax eröffneten die kleinen Perioden fünftägiger Wochen, wie bei den Azteken die Symbole der vier Elemente. Wotan

und die anderen Heerführer waren unstreitig aus dem Stamme der im 7. Jahrhundert einbrechenden Tolteken. Ixtlilxochitl (sein christlicher Name war Fernando de Alva), der erste Geschichtschreiber seines (des aztekischen) Volkes, sagt bestimmt in den Handschriften, die er schon im Anfange des 16. Jahrhunderts anfertigte, daß die Provinz Teochiapan und ganz Guatemala von einer Küste zur anderen von Tolteken bevölkert wurden; ja im Anfang der spanischen Eroberung lebte noch im Dorfe Teopixca eine Familie, welche sich rühmte, von Wotan abzustammen. Der Bischof von Chiapas, Francisco Nuñez de la Vega, der in Guatemala einem Provinzialkonzilium vorstand, hat in seinem Preambulo de las Constituciones diocesanas viel über die amerikanische Wotanssage gesammelt. Ob die Sage von dem ersten skandinavischen Odin (Odinn, Othinus) oder Wuotan, welcher von den Ufern des Don eingewandert sein soll, eine historische Grundlage habe, ist ebenfalls noch sehr unentschieden. Die Identität des amerikanischen und skandinavischen Wotan, freilich nicht auf bloße Klangähnlichkeit gegründet, ist noch ebenso zweifelhaft als die Identität von Wuotan (Odinn) und Buddha oder die der Namen des indischen Religionsstifters und des Planeten Budha.

Die Existenz einer siebentägigen peruanischen Woche, welche so oft als eine semitische Aehnlichkeit der Zeiteinteilung in beiden Kontinenten angeführt wird, beruht, wie schon der Pater Acosta, der bald nach der spanischen Eroberung Peru besuchte, bewiesen hat, auf einem bloßen Irrtum, und der Inka Garcilaso de la Vega berichtigt selbst seine frühere Angabe, indem er deutlich sagt, daß in jedem der Monate, die nach dem Monde gerechnet wurden, drei Festtage waren, und daß das Volk acht Tage arbeiten solle, um am neunten auszuruhen. Die sogenannten peruanischen Wochen waren also von neun Tagen.

[10] (S. 304.) In der Geschichte der Entdeckungen muß man die Epoche, in der eine Entdeckung gemacht wurde, von der ersten Veröffentlichung derselben unterscheiden. Durch Nichtachtung dieses Unterschiedes sind verschiedene und irrige Zahlen in astronomische Handbücher übergegangen. So z. B. hat Huygens den sechsten Saturnstrabanten, Titan, am 25. März 1655 entdeckt und die Entdeckung erst am 5. März 1656 veröffentlicht. Huygens, welcher seit dem Monat März 1655 sich ununterbrochen mit dem Saturn beschäftigte, genoß schon der vollen unzweifelhaften Ansicht des offenen Ringes am 17. Dezember 1657, publizierte aber seine wissenschaftliche Erklärung aller Erscheinungen (Galilei hatte an jeder Seite des Planeten nur zwei abstehende, kreisrunde Scheiben zu sehen geglaubt) erst im Jahre 1659.

[11] (S. 311.) Die Planetenfolge, welche, wie wir eben gesehen (Anm. 9), zu der Benennung der Wochentage nach Planetengöttern Anlaß gegeben hat, die des Geminus, wird bestimmt von Ptolemäus die älteste genannt. Er tadelt die Motive, nach

denen „die Neueren Venus und Merkur jenseits der Sonne gesetzt haben".

[12] (S. 312.) Die Pythagoreer behaupten, um die Wirklichkeit der durch den Sphärenumschwung hervorgebrachten Töne zu rechtfertigen, man höre nur da, wo sich Abwechselung von Laut und Schweigen finde. Auch durch Betäubung wurde das Nichthören der Sphärenmusik entschuldigt. Aristoteles selbst nennt die pythagoreische Tonmythe artig und geistreich (κομψῶς καὶ περιττῶς), aber unwahr.

[13] (S. 312.) Er schätzt die Planetenabstände nach zwei ganz verschiedenen Progressionen, einer durch Verdoppelung, der anderen durch Verdreifachung, woraus die Reihe 1 . 2 . 3 . 4 . 9 . 8 . 27 entsteht. Es ist dieselbe Reihe, welche man im Timäus findet, da, wo von der arithmetischen Teilung der Weltseele (p. 35 Steph.), welche der Demiurgus vornimmt, gehandelt wird. Plato hat nämlich die beiden geometrischen Progressionen 1 . 2 . 4 . 8 und 1 . 3 . 9 . 27 zusammen betrachtet, und so abwechselnd jede nächstfolgende Zahl aus einer der zwei Reihen genommen, woraus die oben angeführte Folge 1 . 2 . 3 . 4 . 9 . . . . . entsteht.

[14] (S. 312.) S. die scharfsinnige Schrift des Prof. Ferdinand Piper: von der Harmonie der Sphären 1850, S. 12—18. Das vermeintliche Verhältnis von sieben Vokalen der altägyptischen Sprache zu den sieben Planeten, und Gustav Seyffarths, schon durch Zoegas und Tölkens Untersuchungen widerlegte Auffassung von astrologischen vokalreichen Hymnen ägyptischer Priester, nach Stellen des Pseudo-Demetrius Phalereus (vielleicht Demetrius aus Alexandrien), einem Epigramme des Eusebius und einem gnostischen Manuskripte in Leiden, ist von Ideler dem Sohne umständlich und mit kritischer Gelehrsamkeit behandelt worden.

[15] (S. 313.) Tycho hat die kristallenen Sphären, in welche die Planeten eingeheftet sind, vernichtet. Kepler lobt das Unternehmen, aber er beharrt doch bei der Vorstellung, daß die Fixsternsphäre eine feste Kugelschale von zwei deutschen Meilen (14,2 km) Dicke sei, an der zwölf Fixsterne erster Größe glänzen, die alle in gleicher Weite von uns stehen und eine eigene Beziehung zu den Ecken eines Ikosaeders haben. Die Fixsterne lumina sua ab *intus* emittunt; auch die Planeten hielt er lange für selbstleuchtend, bis ihn Galilei eines Bessern belehrte! Wenn er auch, wie mehrere unter den Alten und Giordano Bruno, alle Fixsterne für Sonnen wie die unserige hielt, so war er doch der Meinung, die er erwogen, daß alle Fixsterne von Planeten umgeben seien, nicht so zugethan, als ich früher behauptet habe.

[16] (S. 313.) Erst im Jahre 1821 hat Delambre in seinen astronomisch, aber nicht astrologisch vollständigen Auszügen aus Keplers sämtlichen Werken auf den Planeten aufmerksam gemacht, den Kepler zwischen Merkur und Venus vermutete. „On n'a fait aucune attention à cette supposition de Kepler, quand on a

formé des projets de découvrir la planète qui (selon une autre de ses prédictions) devait circuler entre Mars et Jupiter."

[17] (S. 313.) Die merkwürdige Stelle über eine auszufüllende Kluft (hiatus) zwischen Mars und Jupiter findet sich in Keplers Prodromus Dissertationum cosmographicarum, continens Mysterium cosmographicum de admirabili proportione orbium coelestium, 1596, p. 7: „Cum igitur hac non succederet, alia via, mirum quam audaci, tentavi aditum. Inter Jovem et Martem interposui novum Planetam, itemque alium inter Venerem et Mercurium, quos duos forte ob exilitatem non videamus, iisque sua tempora periodica ascripsi. Sic enim existimabam me aliquam aequalitatem proportionum effecturum, quae proportiones inter binos versus Solem ordine minuerentur, versus fixas augescerent: ut propior est Terra Veneri in quantitate orbis terrestris, quam Mars Terrae, in quantitate orbis Martis. Verum hoc pacto neque unius planetae interpositio sufficiebat ingenti hiatui Jovem inter et Martem; manebat enim Major Jovis ad illum novum proportio, quam est Saturni ad Jovem . . . Rursum alio modo exploravi . . ." Kepler war 25 Jahre alt, da er dies schrieb. Man sieht, wie sein beweglicher Geist Hypothesen aufstellte und schnell wieder verließ, um sie mit anderen zu vertauschen, Immer blieb ihm ein hoffnungsvolles Vertrauen, selbst da Zahlengesetze zu entdecken, wo unter den mannigfaltigsten Störungen der Attraktionskräfte (Störungen, deren Kombination, wie so viel in der Natur Geschehenes und Gestaltetes, wegen Unbekanntschaft mit den begleitenden Bedingungen inkalkulabel ist) die Materie sich in Planetenkugeln geballt hat, kreisend: bald einzeln, in einfachen, untereinander fast parallelen, bald gruppenweise, in wunderbar verschlungenen Bahnen.

[18] (S. 314.) Newtoni Opuscula mathematica, philosophica et philologica 1744, T. II, Opusc. XVIII, p. 246: „Chordam musice divisam potius adhibui, non tantum quod cum phaenomenis (lucis) optime convenit, sed quod fortasse aliquid circa colorum harmonias (quarum pictores non penitus ignari sunt), sonorum concordantiis fortasse analogas, involvat. Quemadmodum verisimilius videbitur animadvertenti affinitatem, quae est inter extimam Pupuram (Violarum colorem) ac Rubedinem, Colorum extremitates, qualis inter octavae terminos (qui pro unisonis quodammodo haberi possunt) reperitur . . . ."

[19] (S. 314.) Seneca, Nat. Quaest. VII, 13: „non has tantum stellas quinque discurrere, sed solas observatas esse: ceterum innumerabiles ferri per occultum."

[20] (S. 314.) Da mich die Erklärungen, welche von dem Ursprunge der im Altertum so weit verbreiteten astronomischen Mythe der Proselenen Heyne gegeben hat, nicht befriedigen konnten, so war es mir eine große Freude, von meinem scharfsinnigen philo-

logischen Freunde, Professor Johannes Franz, durch einfache Ideenkombination eine neue und sehr glückliche Lösung des vielbehandelten Problems zu erhalten. Es hängt diese Lösung weder mit den Kalendereinrichtungen der Arkader noch mit ihrem Mondkultus zusammen. Ich beschränke mich hier auf den Auszug einer unedierten, mehr umfassenden Arbeit. In einem Werke, in welchem ich mir zum Gesetz gemacht habe, recht oft die Gesamtheit unseres jetzigen Wissens an das Wissen des Altertums, ja an wirkliche oder wenigstens von vielen geglaubte Traditionen anzuknüpfen, wird diese Erläuterung einem Teil meiner Leser nicht unwillkommen sein.

„Wir beginnen mit einigen Hauptstellen, die bei den Alten von den Proselenen handeln. Stephanus von Byzanz (v. Ἀρκάς) nennt den Logographen Hippys aus Rhegium, einen Zeitgenossen von Darius und Xerxes, als den ersten, der die Arkader προσελήνους genannt habe. Die Scholiasten ad Apollon. Rhod. IV, 264 und ad Aristoph. Nub. 397 sagen übereinstimmend: Das hohe Altertum der Arkader erhellet am meisten daraus, daß sie προσέληνοι hießen. Sie scheinen vor dem Monde dagewesen zu sein, wie denn auch Eudorus und Theodorus sagen; letzterer fügt hinzu, es sei kurz vor dem Kampfe des Herkules der Mond erschienen. In der Staatsverfassung der Tegeaten meldet Aristoteles, die Barbaren, welche Arkadien bewohnten, seien von den späteren Arkadern vertrieben worden, ehe der Mond erschien; darum sie auch προσέληνοι genannt worden. Andere sagen, Endymion habe die Umläufe des Mondes entdeckt; da er aber ein Arkader war, seien die Arkader nach ihm προσέληνοι genannt worden. Tadelnd spricht sich Lucian aus. Nach ihm sagen aus Unverstand und aus Thorheit die Arkader, sie seien früher dagewesen als der Mond. In Schol. ad. Aeschyl. Prom. 436 wird bemerkt: προσελούμενον heiße ὑβριζόμενον, woher denn auch die Arkader προσέληνοι genannt werden, weil sie übermütig sind. Die Stellen des Ovidius über das vormondliche Dasein der Arkader sind allgemein bekannt. — In neuester Zeit ist sogar der Gedanke aufgetaucht, das ganze Altertum habe sich von der Form προσέληνοι täuschen lassen, das Wort (eigentlich προέλληνοι) bedeute bloß vorhellenisch, da allerdings Arkadien ein pelasgisches Land sei.

„Wenn nun nachgewiesen werden kann," fährt Professor Franz fort, „daß ein anderes Volk seine Abstammung mit einem anderen Gestirn in Verbindung brachte, so wird man der Mühe überhoben, zu täuschenden Etymologieen seine Zuflucht zu nehmen. Diese Art des Nachweises ist aber in bester Form vorhanden. Der gelehrte Rhetor Menander (um das Jahr 270 nach Chr.) sagt wörtlich in seiner Schrift De encomiis wie folgt: Als drittes Moment für das Loben des Gegenstandes gilt die Zeit; dies ist bei allem Aeltesten der Fall; wenn wir aussagen von einer Stadt oder von einem Lande, sie seien angebaut worden vor dem und dem Gestirn, oder mit den Gestirnen, vor der Ueberschwemmung oder nach der Ueberschwemmung; wie die Athener behaupten, sie seien mit der Sonne

entstanden, die Arkader vor dem Monde, die Delpher gleich nach der Ueberschwemmung; denn dies sind Absätze und gleichsam Anfangspunkte in der Zeit.

„Also Delphi, dessen Zusammenhang mit der Deukalionischen Flut auch sonst bezeugt ist, wird von Arkadien, Arkadien wird von Athen übertroffen. Ganz übereinstimmend hiermit drückt sich der ältere Muster nachahmende Apollonius Rhodius IV, 261 aus, wo er sagt, Aegypten sei vor allen anderen Ländern bewohnt gewesen: ‚Noch nicht kreisten am Himmel die Gestirne alle; noch waren die Danaer nicht da, nicht das Deukalionische Geschlecht; vorhanden waren nur die Arkader, die, von denen es heißt, daß sie vor dem Monde lebten, Eicheln essend auf den Bergen.‘ Ebenso sagt Nonnus XLI von dem syrischen Beroë, es sei vor der Sonne bewohnt gewesen.

„Eine solche Gewohnheit, aus Momenten der Weltkonstruktion Zeitbestimmungen zu entnehmen, ist ein Kind der Anschauungsperiode, in welcher alle Gebilde noch mehr Lebendigkeit haben, und gehört zunächst der genealogischen Lokalpoesie an. So ist es selbst nicht unwahrscheinlich, daß die durch einen arkadischen Dichter besungene Sage von dem Gigantenkopf in Arkadien, auf welche sich die oben angeführten Worte des alten Theodorus beziehen (den einige für einen Samothraken halten und dessen Werk sehr umfangreich gewesen sein muß), Veranlassung zur Verbreitung des Epithetons προσέληνοι für die Arkader gegeben habe."

Ueber den Doppelnamen: „Arkades Pelasgoi" und den Gegensatz einer älteren und jüngeren Bevölkerung Arkadiens vergl. die vortreffliche Schrift: „Der Peloponnesos" von Ernst Curtius, 1851, S. 160 und 180. Auch im neuen Kontinent finden wir, wie ich an einem anderen Orte gezeigt, auf der Hochebene von Bogota den Völkerstamm der Muyscas oder Mozcas, welcher in seinen historischen Mythen sich eines proseleniſchen Alters rühmte. Die Entstehung des Mondes hängt mit der Sage einer großen Flut zusammen, welche ein Weib, das den Wundermann Botschika begleitete, durch ihre Zauberkünste veranlaßt hatte. Botschika verjagte das Weib (Huythaca oder Schia genannt). Sie verließ die Erde und wurde der Mond, „welcher bis dahin den Muyscas noch nicht geleuchtet hatte". Botschika, des Menschengeschlechtes sich erbarmend, öffnete mit starker Hand eine steile Felswand bei Canoas, wo der Rio de Funzha sich jetzt im berufenen Wasserfall des Tequendama herabstürzt. Das mit Wasser gefüllte Thalbecken wurde dadurch trocken gelegt — ein geognostischer Roman, der sich oft wiederholt, z. B. im geschlossenen Alpenthal von Kaschmir, wo der mächtige Entwässerer Kasyapa heißt.

[21] (S. 316.) Da, nach Titius, den Abstand von der Sonne zum Saturn, damals dem äußersten Planeten, = 100 gesetzt, die einzelnen Abstände sein sollen:

Merkur	Venus	Erde	Mars	Kl. Plan.	Jupiter
$\frac{4}{100}$	$\frac{7}{100}$	$\frac{10}{100}$	$\frac{16}{100}$	$\frac{28}{100}$	$\frac{52}{100}$

nach der sogenannten Progression: 4, 4 + 3, 4 + 6, 4 + 12, 4 + 24, 4 + 48, so ergeben sich, wenn man die Entfernung des Saturn von der Sonne zu 197,3 Millionen geographischen Meilen [sie schwankt wegen der Exzentrizität seiner Bahn zwischen 1330 und 1490 Mill. km. D. Herausg.] anschlägt, in demselben Meilenmaße von der Sonne:

Abstände nach Titius in geogr. Meilen			wirkliche Abstände in geogr. Meilen	
Merkur	7,9	Millionen	8,0	Millionen
Venus	13,8	„	15,0	„
Erde	19,7	„	20,7	„
Mars	31,5	„	31,5	„
Kl. Plan. . . .	55,2	„	55,2	„
Jupiter . . .	102,6	„	107,5	„
Saturn . . .	197,3	„	197,3	„
Uranus . . .	396,7	„	396,7	„
Neptun	765,5	„	621,2	„

[22] (S. 316.) Mit der numerischen Korrektion von Wurm heißt die Reihe nach Entfernungen von der Sonne:

Merkur	387 Teile	
Venus	387 + 293 =	680
Erde	387 + 2 . 293 =	973
Mars	387 + 4 . 293 =	1559
Kl. Plan.	387 + 8 . 293 =	2731
Jupiter	387 + 16 . 293 =	5075
Saturn	387 + 32 . 293 =	9763
Uranus	387 + 64 . 293 =	19139
Neptun	387 + 128 . 293 =	37891

Damit man den Grad der Genauigkeit dieser Resultate prüfen könne, folgen in der nächsten Tafel noch einmal die wirklichen mittleren Abstände der Planeten, wie man sie jetzt anerkennt, mit Beifügung der Zahlen, welche Kepler nach den Tychonischen Beobachtungen vor drittehalbhundert Jahren für die wahren hielt. Ich entlehne letztere der Schrift Newtons, De Mundi Systemate.

Planeten	Wirkliche Abstände	Resultate von Kepler
Merkur	0,38709	0,38806
Venus	0,72333	0,72400
Erde	1,00000	1,00000
Mars	1,52369	1,52350
Juno	2,66870	. . . . .
Jupiter	5,20277	5,19659
Saturn	9,53885	9,51000
Uranus	19,18239	. . . . .
Neptun	30,03628	. . . . .

[23] (S. 318.) Die Sonne, welche Kepler, wahrscheinlich aus Enthusiasmus für die divina inventa seines mit Recht berühmten Zeitgenossen William Gilbert für magnetisch hielt, und deren Rotation in derselben Richtung wie die Planeten er behauptete, ehe noch die Sonnenflecken entdeckt waren; die Sonne erklärt Kepler für den „dichtesten aller Weltkörper, weil er die übrigen alle, die zu seinem Systeme gehören, bewegt."

[24] (S. 318.) Newton, De Mundi Systemate in Opusculis T. II, p. 17: „Corpora Veneris et Mercurii majore Solis calore magis concocta et coagulata sunt. Planetae ulteriores, defectu caloris, carent substantiis illis metallicis et mineris ponderosis quibus Terra referta est. Densiora corpora quae Soli propiora: ea ratione constabit optime pondera Planetarum omnium esse inter se ut vires."

[25] (S. 323.) „L'étendue entière de cette variation serait d'environ 12 degrés, mais l'action du Soleil et de la Lune la réduit à peu près à trois degrés (centésimaux)." Laplace, Exposition du Système du Monde p. 303.

[26] (S. 323.) Ich habe an einem anderen Orte, durch Vergleichung mittlerer Jahrestemperaturen, gezeigt, daß in Europa vom Nordkap bis Palermo dem Unterschied eines geographischen Breitengrades sehr nahe 0,5° des hundertteiligen Thermometers, in dem westlichen Temperatursysteme von Amerika aber (zwischen Boston und Charlestown) 0,9° entsprechen.

[27] (S. 325.) Die Mexikaner hatten unter ihren 20 hieroglyphischen Tageszeichen ein besonders geehrtes, ollin-tonatiuh, das der vier Sonnenbewegungen, genannt, welches dem großen, alle 52 = 4 × 13 erneuerten Cyklus vorstand und sich auf den hieroglyphisch durch Fußstapfen ausgedrückten Weg der Sonne, die Solstitien und Aequinoktien durchschneidend, bezog. In dem schön gemalten aztekischen Manuskripte, das vormals in der Villa des Kardinals Borgia zu Veletri aufbewahrt ward und aus dem

ich viel Wichtiges entlehnt, befindet sich das merkwürdige astrologische Zeichen eines **Kreuzes**, dessen beigeschriebene Tageszeichen die Durchgänge der Sonne durch den Zenith der Stadt Mexiko (Tenochtitlan), den Aequator und die Solstitialpunkte vollständig bezeichnen würden, wenn die den **Tageszeichen** wegen der periodischen Reihen beigefügten Punkte (runde Scheiben) in **allen** drei Durchgängen der Sonne gleich vollzählig wären. Der der Sternbeobachtung leidenschaftlich ergebene König von Tezcuco, Nezahualpilli (ein **Fastenkind** genannt, weil der Vater lange vor der Geburt des erwünschten Sohnes fastete), hatte ein Gebäude errichtet, das Torquemada etwas kühn eine **Sternwarte** nennt und dessen Trümmer er noch sah. In der Raccolta di Mendoza sehen wir einen Priester dargestellt, welcher die Sterne beobachtet: was durch eine punktierte Linie ausgedrückt ist, die vom beobachteten Stern zu seinem Auge geht.

[28] (S. 327.) „Il s'ensuit (du théorème dû à Lambert) que la quantité de chaleur envoyée par le Soleil à la Terre est la même en allant de l'équinoxe du printems à l'équinoxe d'automne qu'en revenant de celui-ci au premier. Le temps plus long que le Soleil emploie dans le premier trajet, est exactement compensé par son éloignement aussi plus grand; et les quantités de chaleur qu'il envoie à la Terre, sont les mêmes pendant qu'il se trouve dans l'un ou l'autre hémisphère, boréal ou austral.“ **Poisson**, Sur la stabilité du système planétaire in der Connaissance des temps pour 1836, p. 54.

[29] (S. 327.) „L'excentricité,“ sagt **Poisson**, ayant toujours été et devant toujours demeurer très petite, l'influence des variations séculaires de la quantité de chaleur solaire reçue par la Terre sur la température moyenne paraît aussi devoir être très limitée. — On ne saurait admettre que l'excentricité de la Terre, qui est actuellement environ un soixantième, ait jamais été ou devienne jamais un quart, comme celle de Junon ou de Pallas.“

[30] (S. 330.) S. **Mädlers** Versuch, den Durchmesser der Vesta (66 geographische Meilen?) bei 1000maliger Vergrößerung zu bestimmen, in seiner **Astronomie** S. 218.

[31] (S. 331.) In der früheren Ausgabe (**Kosmos** Bd. I, S. 70 war der Aequatorialhalbmesser des Saturn zum Grunde gelegt.

[32] (S. 331.) Ich habe im Naturgemälde von der translatorischen Bewegung der Sonne umständlich gehandelt **Kosmos** Bd. I, S. 102 bis 104.

Spezielle Aufzählung der Planeten und ihrer Monde, als Teile des Sonnengebiets.

Es ist, wie ich schon mehrmals erinnert, der besondere Zweck einer physischen Weltbeschreibung, alle wichtigen, in der Mitte des 19. Jahrhunderts genauer ergründeten numerischen Resultate in dem siderischen wie in dem tellurischen Gebiete der Erscheinungen zusammenzustellen. Das Gestaltete und Bewegte wird hier als ein Geschaffenes, Daseiendes, Gemessenes geschildert. Die Gründe, auf welchen die erlangten numerischen Resultate beruhen, die kosmogonischen Vermutungen, welche seit Jahrtausenden nach den wechselnden Zuständen des mechanischen und physikalischen Wissens über das Werden entstanden sind, gehören im strengeren Sinne des Wortes nicht in den Bereich dieser empirischen Untersuchungen.

Sonne.

Was sowohl die Dimensionen als die dermaligen Ansichten über die physische Beschaffenheit des Centralkörpers betrifft, ist schon oben (Kosmos Bd. III, S. 267 bis 268 angegeben worden. Es bleibt hier nur übrig, nach den neuesten Beobachtungen noch einiges über die roten Gestalten und roten Wolkenmassen hinzuzufügen, deren S. 275 besondere Erwähnung geschah. Die wichtigen Erscheinungen, welche die totale Sonnenfinsternis vom 28. Juli 1851 im östlichen Europa dargeboten, haben die schon von Arago 1842 angeregte Meinung, daß die roten berg- oder wolkenartigen Hervorragungen am Rande der verfinsterten Sonne zu der gasartigen äußersten Umhüllung des Centralkörpers gehören, noch mehr bekräftigt. Es sind diese Hervorragungen von dem westlichen Mondrande aufgedeckt worden, je nachdem in seiner Bewegung der Mond gegen Osten fortgerückt ist (Annuaire du Bureau des Longitudes 1842, p. 457);

dagegen sind sie wieder verschwunden, wenn sie an der entgegenstehenden Seite durch den östlichen Mondrand verdeckt wurden.

Die Intensität des Lichtes jener Randerhebungen ist abermals so beträchtlich gewesen, daß man sie durch dünne Wolken verschleiert in Fernröhren, ja selbst mit bloßen Augen innerhalb der Corona hat erkennen können.

Die Gestalt der meist rubin- oder pfirsichroten Erhebungen hat sich (bei einigen derselben) während der Totalfinsternis sichtbar schnell verändert; eine dieser Erhebungen ist an ihrem Gipfel gekrümmt erschienen und hat, wie eine oben umgebogene Rauchsäule, vielen Beobachtern in der Nähe der Spitze ein frei schwebendes, abgesondertes Gewölk [1] gezeigt. Die Höhe dieser Hervorragungen wurde meist 1′ bis 2′ geschätzt, an einem Punkte soll sie mehr betragen haben. Außer diesen zapfenartigen Erhebungen, deren man drei bis fünf gezählt, wurden auch karminrote, langgestreckte, bandartige, wie auf dem Mondrande anliegende, oft gezähnte, niedrige Streifen gesehen. [2]

Man hat wieder deutlichst, besonders beim Austritt, den Teil des Mondrandes erkennen können, welcher sich nicht [3] auf die Sonnenscheibe projizierte.

Eine Gruppe von Sonnenflecken war sichtbar, doch einige Minuten von dem Sonnenrande entfernt, da, wo die größte hakenförmige rote Gibbosität entstand. Gegenüber, unweit der matten östlichen Hervorragung, war ebenfalls nahe am Rande ein Sonnenflecken. Diese trichterförmigen Vertiefungen können wegen des erwähnten Abstandes wohl nicht das Material zur roten gasartigen Exhalation hergegeben haben; aber weil bei starker Vergrößerung die ganze Oberfläche der Sonne sichtbar Poren zeigt, so ist doch wohl die Vermutung am wahrscheinlichsten, daß dieselbe Dampf- und Gasemanation, welche, von dem Sonnenkörper aufsteigend, die Trichter bildet, durch diese, welche uns als Sonnenflecken erscheinen oder durch kleinere Poren sich ergießt und, erleuchtet, unserem Auge rote, vielgestaltete Dampfsäulen und Wolken in der dritten Sonnenumhüllung darbietet.

Merkur.

Wenn man sich erinnert, wieviel seit den frühesten Zeiten die Aegypter sich mit dem Merkur (Set—Horus) und die Inder mit ihrem Budha beschäftigt haben, wie unter

dem heiteren Himmel von Westarabien der Sterndienst in dem Stamme der Asediten ausschließlich auf den Merkur gerichtet war, ja wie Ptolemäus im 9. Buche des Almagest 14 Beobachtungen dieses Planeten benutzen konnte, die bis 261 Jahre vor unserer Zeitrechnung hinaufreichen und teilweise den Chaldäern gehören, so ist man allerdings verwundert, daß Kopernikus, welcher das 70. Jahr erreicht hat, sich auf seinem Sterbebette beklagte, so viel er sich bemühet, den Merkur nie gesehen zu haben. Doch bezeichneten die Griechen mit Recht diesen Planeten wegen seines bisweilen so intensiven Lichtes mit dem Namen des stark funkelnden (στίλβων). Er bietet Phasen (wechselnde Lichtgestalten) dar wie Venus, und erscheint uns auch wie diese als Morgen- und Abendstern.

Merkur ist in seiner mittleren Entfernung wenig über 8 Millionen geographischer Meilen (57 400 000 km) von der Sonne entfernt, genau 0,3870938 Teile des mittleren Abstandes der Erde von der Sonne. Wegen der starken Exzentrizität seiner Bahn (0,2056163) wird die Entfernung des Merkur von der Sonne im Perihel 6 1/4 (45 Mill. km), im Aphel 10 Mill. Meilen (69 Mill. km). Er vollführt seinen Umlauf um die Sonne in 87 mittleren Erdentagen und 23 h 15′ 46″. Durch die wenig sichere Beobachtung der Gestalt von dem südlichen Horn der Sichel und durch Auffindung eines dunkeln Streifens, welcher gegen Osten am schwärzesten war, haben Schröter und Harting die Rotation zu 24 h 5′ geschätzt.

Nach Bessels Bestimmungen bei Gelegenheit des Merkurdurchganges vom 5. Mai 1832 beträgt der wahre Durchmesser 671 geogr. Meilen (4800 km), d. i. 0,391 Teile des Erddurchmessers.[4]

Die Masse des Merkur war von Lagrange nach sehr gewagten Voraussetzungen über die Reciprozität des Verhältnisses der Dichtigkeit und Abstände bestimmt worden. Durch den Enckischen Kometen von kurzer Umlaufszeit wurde zuerst ein Mittel gegeben, dieses wichtige Element zu verbessern. Diese Masse des Planeten wird von Encke als $\frac{1}{4865751}$ der Sonnenmasse oder etwa $\frac{1}{13,7}$ der Erdmasse gesetzt. Laplace gab[5] für die Masse des Merkur nach Lagrange $\frac{1}{2025810}$ an, aber die wahre Masse ist nur etwa $\frac{5}{12}$ von der Lagrangeschen.[6] Es wird durch diese Verbesserung auch zugleich die vorige hypothetische Angabe von der schnellsten Zunahme der Dichtigkeit mit Annäherung eines Planeten an die Sonne

widerlegt. Wenn man mit Hansen den körperlichen Inhalt des Merkur zu $\frac{6}{100}$ der Erde annimmt, so folgt daraus die Dichtigkeit des Merkur nur als 1,22. „Diese Bestimmungen," setzt mein Freund, der Urheber derselben, hinzu, „sind nur als erste Versuche zu betrachten, die sich indessen der Wahrheit weit mehr nähern als die Laplacische Annahme." Die Dichtigkeit des Merkur wurde vor 10 Jahren noch fast dreimal größer als die Dichte der Erde angenommen: zu 2,56 oder 2,94, wenn die Erde = 1,00.

Venus.

Die mittlere Entfernung derselben von der Sonne ist 0,7233317 in Teilen der Entfernung der Erde von der Sonne, d. i. 15 Mill. geogr. Meilen (107 200 000 km). Die siderische oder wahre Umlaufszeit der Venus ist 224 Tage 16^h 49′ 7″. Kein Hauptplanet kommt der Erde so nahe als Venus, sie kann sich uns bis 5 1/4 Mill. Meilen (39 000 000 km) nähern, aber auch von uns auf 36 Mill. Meilen (267 000 000 km) entfernen; daher die große Veränderlichkeit des scheinbaren Durchmessers, welcher keineswegs allein die Stärke des Glanzes bestimmt.[7] Die Exzentrizität der Venusbahn ist nur 0,00686182, wie immer, in Teilen der halben großen Achse ausgedrückt. Der Durchmesser des Planeten beträgt 1694 geogr. Meilen (12 600 km), die Masse $\frac{1}{401839}$, der körperliche Inhalt 0,957 und die Dichtigkeit 0,94 in Vergleichung zur Erde.[8]

Von den durch Kepler nach seinen Rudolfinischen Tafeln zuerst verkündigten Durchgängen der zwei unteren Planeten ist der der Venus, wegen Bestimmung der Sonnenparallaxe und daraus hergeleiteter Entfernung der Erde von der Sonne, von der größten Wichtigkeit für die Theorie des ganzen Planetensystemes. Nach Enckes erschöpfender Untersuchung des Venusdurchganges von 1769 ist die Parallaxe der Sonne 8,57116″ (Berliner Jahrbuch für 1852, S. 323). Eine neue Arbeit über die Sonnenparallaxe ist auf den Vorschlag eines ausgezeichneten Mathematikers, des Prof. Gerling zu Marburg, auf Befehl der Regierung der Vereinigten Staaten von Nordamerika seit 1849 unternommen worden. Es soll die Parallaxe durch Beobachtungen der Venus in der Nähe des östlichen und westlichen Stillstandes wie durch Mikrometermessungen der Differenzen in Rektaszension und Deklination von wohlbestimmten Fixsternen in bedeutenden Längen-

und Breitenunterschieden erlangt werden (Schumachers Astronomische Nachrichten Nr. 599, S. 363 und Nr. 613, S. 193). Die astronomische Expedition unter Befehl des kenntnisvollen Lieutenants Gilliß hat sich nach Santiago de Chile begeben.

Die Rotation der Venus ist lange vielen Zweifeln unterworfen gewesen. Dominik Cassini 1669 und Jacques Cassini 1732 fanden sie $23^h\ 20'$, während Bianchini [9] in Rom 1726 die langsame Rotation von $24\,^1/_3$ Tagen annahm. Genauere Beobachtungen von de Vico in den Jahren 1840 bis 1842 geben durch eine große Anzahl von Venusflecken im Mittel $23^h\ 21'\ 21{,}93''$.

Diese Flecken, an der Grenze der Scheidung zwischen Licht und Schatten in der sichelförmigen Venus, erscheinen selten, sind schwach und meist veränderlich, so daß beide Herschel, Vater und Sohn, glauben, daß sie nicht der festen Oberfläche des Planeten, sondern wahrscheinlicher einer Venusatmosphäre [10] angehören. Die veränderliche Gestalt der Hörner, besonders des südlichen, an der Sichel ist von la Hire, Schröter und Mädler teils zur Schätzung der Höhe von Bergen, teils und vorzüglich zur Bestimmung der Rotation benutzt worden. Die Erscheinungen dieser Veränderlichkeit sind von der Art, daß sie nicht Berggipfel zur Erklärung erfordern von 5 geogr. Meilen (37 km), wie sie Schröter zu Lilienthal angab, sondern nur Höhen, wie sie unser Planet in beiden Kontinenten darbietet. [11] Bei dem wenigen, das wir von dem Oberflächenansehen und der physischen Beschaffenheit der sonnennahen Planeten, Merkur und Venus, wissen, bleibt auch die von Christian Mayer, William Herschel und Harding in dem dunklen Teile bisweilen beobachtete Erscheinung eines aschfarbenen Lichtes, ja eines eigentümlichen Lichtprozesses überaus rätselhaft. Es ist bei so großer Ferne nicht wahrscheinlich, daß das reflektierte Erdlicht in der Venus, wie bei unserem Monde, eine aschfarbige Erleuchtung auf der Venus hervorbringe. In den Scheiben beider unteren Planeten, Merkur und Venus, ist bisher noch keine Abplattung bemerkt worden.

Erde.

Die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne ist 12 032mal größer als der Durchmesser der Erde, also 20 682 000 geogr. Meilen, ungewiß auf etwa 90 000 Meilen

(auf $\frac{1}{230}$).[12] Der siderische Umlauf der Erde um die Sonne ist 365 Tage 6^{h} 9′ 10,7496″. Die Exzentrizität der Erdbahn beträgt 0,01679226, die Masse $\frac{1}{539551}$, die Dichtigkeit im Verhältnis zum Wasser 5,44. Bessels Untersuchung von 10 Gradmessungen gab eine Erdabplattung von $\frac{1}{299,153}$, die Länge einer geogr. Meile, deren 15 auf einen Grad des Aequators gehen, zu 3807,23 Toisen und die Aequatorial- und Polardurchmesser zu 1718,9 und 1713,1 geogr. Meilen (Kosmos Bd. I, S. 291, Anm. 89).[13] Wir beschränken uns hier auf numerische Angaben von Gestalt und Bewegungen; alles, was sich auf die physische Beschaffenheit der Erde bezieht, bleibt dem letzten tellurischen Teile des Kosmos vorbehalten.

Mond der Erde.

Mittlere Entfernung des Mondes von der Erde 51800 geogr. Meilen (384400 km), siderische Umlaufszeit 27 Tage 7^{h} 43′ 11,5″, Exzentrizität der Mondbahn 0,0548442, Durchmesser des Mondes 454 geogr. Meilen (3480 km), nahe $\frac{1}{4}$ des Erddurchmessers, körperlicher Inhalt $\frac{1}{54}$ des körperlichen Inhaltes der Erde, Masse des Mondes nach Lindenau $\frac{1}{87,73}$ (nach Peters und Schidloffsky $\frac{1}{81}$) der Masse der Erde, Dichtigkeit 0,619 (also fast $\frac{3}{5}$) der Dichtigkeit der Erde. Der Mond hat keine wahrnehmbare Abplattung, aber eine äußerst geringe, durch die Theorie bestimmte, Verlängerung (Anschwellung) gegen den Erdkörper hin. Die Rotation des Mondes um seine Achse wird vollkommen genau (und das ist wahrscheinlich der Fall bei allen anderen Nebenplaneten) in derselben Zeit vollbracht, in welcher er um die Erde läuft.

Das von der Mondfläche reflektierte Sonnenlicht ist unter allen Zonen schwächer als das Sonnenlicht, welches ein weißes Gewölk bei Tage zurückwirft. Wenn man zu geographischen Längenbestimmungen oft Abstände des Mondes von der Sonne nehmen muß, ist es nicht selten schwer, die Mondscheibe zwischen den lichtintensiveren Haufenwolken zu erkennen. Auf Berghöhen, die zwischen 12 und 16000 Fuß hoch liegen, da, wo bei heiterer Bergluft nur federartiger Cirrus am Himmelsgewölbe zu sehen ist, wurde mir das Aufsuchen der Mondscheibe um vieles leichter, weil der Cirrus

seiner lockeren Beschaffenheit nach weniger Sonnenlicht reflektiert und das Mondlicht auf seinem Wege durch dünne Luftschichten minder geschwächt ist. Das Verhältnis der Lichtstärke der Sonne zu der des Vollmondes verdient eine neue Untersuchung, da Bouguers überall angenommene Bestimmung ($\frac{1}{300000}$) so auffallend von der, freilich unwahrscheinlicheren, Wollastons ($\frac{1}{800000}$) abweicht.

Das gelbe Mondlicht erscheint bei Tag weiß, weil die blauen Luftschichten, durch welche wir es sehen, die Komplementarfarbe zum Gelb darbieten.[14] Nach den vielfachen Beobachtungen, die Arago mit seinem Polariskop angestellt, ist in dem Mondlichte polarisiertes Licht enthalten, am deutlichsten im ersten Viertel und in den grauen Mondflecken, z. B. in der großen, dunklen, bisweilen etwas grünlichen Wallebene des sogenannten Mare Crisium. Solche Wallebenen sind meist mit Bergadern durchzogen, deren polyedrische Gestalt diejenigen Inklinationswinkel der Flächen darbietet, welche zur Polarisation des reflektierten Sonnenlichtes erforderlich sind. Der dunkle Farbenton der Umgegend scheint dazu durch Kontrast die Erscheinung noch bemerkbarer zu machen. Was den leuchtenden Centralberg der Gruppe Aristarch betrifft, an dem man mehrmals thätigen Vulkanismus zu bemerken wähnte, so hat derselbe keine stärkere Polarisation des Lichtes gezeigt als andere Mondteile. In dem Vollmond wird keine Beimischung von polarisiertem Lichte bemerkt; aber während einer totalen Mondfinsternis (31. Mai 1848) hat Arago in der rot gewordenen Mondscheibe (einem Phänomen, von dem wir weiter unten sprechen werden), unzweifelhafte Zeichen der Polarisation wahrgenommen (Comptes rendus T. XVIII, p. 1119).

Daß das Mondlicht wärmeerzeugend ist, gehört, wie so viele andere meines berühmten Freundes Mellino, zu den wichtigsten und überraschendsten Entdeckungen unseres Jahrhunderts. Nach vielen vergeblichen Versuchen, von la Hire an bis zu denen des scharfsinnigen Forbes, ist es Melloni geglückt, mittels einer Linse (lentille à échelons) von 3 Fuß (1 m) Durchmesser, die für das meteorologische Institut am Vesuvkegel bestimmt war, bei verschiedenen Wechseln des Mondes die befriedigendsten Resultate der Temperaturerhöhung zu beobachten. Mosotti-Lavagna und Belli, Professoren der Universitäten Pisa und Pavia, waren Zeugen dieser Versuche,

die nach Maßgabe des Alters und der Höhe des Mondes verschieden ausfielen. Wieviel die Quantität der Temperaturerhöhung, welche Mellonis thermoskopische Säule erzeugte, in Bruchteilen eines hundertteiligen Thermometergrades ausgedrückt, betrage, wurde damals (Sommer 1846) noch nicht ergründet.[15]

Das aschgraue Licht, in welchem ein Teil der Mondscheibe leuchtet, wenn einige Tage vor oder nach dem Neumonde sie nur eine schmale, von der Sonne erleuchtete Sichel darbietet, ist Erdenlicht im Monde, „der Widerschein eines Widerscheines". Je weniger der Mond für die Erde erleuchtet erscheint, desto mehr ist erleuchtend die Erde für den Mond. Unser Planet bescheint aber den Mond 13½mal stärker, als der Mond seinerseits ihn erleuchtet, und dieser Schein ist hell genug, um durch abermalige Reflexion von uns wahrgenommen zu werden. Das Fernrohr unterscheidet in dem aschgrauen Lichte die größeren Flecken und einzelne hellglänzende Punkte, Berggipfel in den Mondlandschaften; ja selbst dann noch einen grauen Schimmer, wenn die Scheibe schon etwas über die Hälfte erleuchtet ist. Zwischen den Wendekreisen und auf den hohen Bergebenen von Quito und Mexiko werden diese Erscheinungen besonders auffallend. Seit Lambert und Schröter ist die Meinung herrschend geworden, daß die so verschiedene Intensität des aschgrauen Lichtes des Mondes von dem stärkeren oder schwächeren Reflex des Sonnenlichtes herrührt, das auf die Erdkugel fällt, je nachdem dasselbe von zusammenhängenden Kontinentalmassen voll Sandwüsten, Grassteppen, tropischer Waldung und öden Felsbodens, oder von ozeanischen Flächen zurückgeworfen wird. Lambert hat in einem lichtvollen Kometensucher (14. Februar 1774) die merkwürdige Beobachtung einer Veränderung des aschfarbenen Mondlichtes in eine olivengrüne, etwas ins Gelbe spielende Farbe gemacht. „Der Mond, der damals senkrecht über dem Atlantischen Meere stand, erhielt in seiner Nachtseite das grüne Erdenlicht, welches ihm bei wolkenfreiem Himmel die Waldgegenden[16] von Südamerika zusendeten."

Der meteorologische Zustand unserer Atmosphäre modifiziert diese Intensitäten des Erdlichtes, welches den zweifachen Weg von der Erde zum Monde und vom Monde zu unserem Auge zurücklegen muß. „So werden wir," wie Arago[17] bemerkt, „wenn einst bessere photometrische Instrumente anzuwenden sind, in dem Monde gleichsam den mittleren

Zustand der Diaphanität unserer Atmosphäre lesen können."
Die erste richtige Erklärung von der Natur des aschfarbenen Lichtes des Mondes schreibt Kepler (Ad Vitellionem Paralipomena, quibus Astron. pars optica traditur, 1604, p. 254) seinem von ihm hochverehrten Lehrer Mästlin zu, welcher dieselbe 1596 in den zu Tübingen öffentlich verteidigten Thesen vorgetragen hatte. Galilei sprach (Sidereus Nuncius p. 26) von dem reflektierten Erdlichte als von einer Sache, die er seit mehreren Jahren selbst aufgefunden, aber hundert Jahre vor Kepler und Galilei war die Erklärung des uns sichtbaren Erdlichtes im Monde dem allesumfassenden Genie des Leonardo da Vinci nicht entgangen. Seine lange vergessenen Manuskripte lieferten den Beweis davon.

Bei den totalen Mondfinsternissen verschwindet der Mond in überaus seltenen Fällen gänzlich; so verschwand er nach Keplers frühester Beobachtung am 9. Dezember 1601, und in neuester Zeit, ohne selbst durch Fernröhren aufgefunden zu werden, am 10. Juni 1816 zu London. Ein eigener, nicht genugsam ergründeter Diaphanitätszustand einzelner Schichten unserer Atmosphäre muß die Ursache dieser so seltenen als sonderbaren Erscheinung sein. Hevelius bemerkt ausdrücklich, daß in einer totalen Finsternis (am 25. April 1642) der Himmel bei völlig heiterer Luft mit funkelnden Sternen bedeckt war und doch in den verschiedensten Vergrößerungen, die er anwandte, die Mondscheibe spurlos verschwunden blieb. In anderen, ebenfalls sehr seltenen Fällen werden nur einzelne Teile des Mondes schwach sichtbar. Gewöhnlich sieht man die Scheibe während einer totalen Verfinsterung rot, und zwar in allen Graden der Intensität der Farbe; ja, wenn der Mond weit von der Erde entfernt ist, bis in das Feuerrote und Glühende übergehend. Während ich, vor einem halben Jahrhunderte (29. März 1801), vor Anker an der Insel Baru unfern Cartagena de Indias lag und eine Totalfinsternis beobachtete, war es mir überaus auffallend, wieviel leuchtender die rote Mondscheibe unter dem Tropenhimmel erscheint, als in meinem nördlichen Vaterlande.[18] Das ganze Phänomen ist bekanntlich eine Folge der Strahlenbrechung, da, wie Kepler sich sehr richtig ausdrückt (Paralip. Astron., pars optica p. 893), die Sonnenstrahlen bei ihrem Durchgange durch die Atmosphäre der Erde inflektiert[19] und in den Schattenkegel geworfen werden. Die gerötete oder glühende

Scheibe ist übrigens nie gleichförmig farbig. Einige Stellen zeigen sich immer dunkler und dabei fortschreitend farbeändernd. Die Griechen hatten sich eine eigene wundersame Theorie gebildet über die verschiedenen Farben, welche der verfinsterte Mond zeigen soll, je nachdem die Finsternis zu anderen Stunden eintritt.[20]

In dem langen Streite über die Wahrscheinlichkeit oder Unwahrscheinlichkeit einer atmosphärischen Umhüllung des Mondes haben genaue Okkultationsbeobachtungen erwiesen, daß keine Strahlenbrechung am Mondrande statthat, und daß sich demnach die Schröterschen Annahmen einer Mondatmosphäre und Monddämmerung widerlegt finden. „Die Vergleichung der beiden Werte des Mondhalbmessers, welche man einerseits aus direkter Messung, andererseits aus der Dauer des Verweilens vor einem Fixstern während der Bedeckung ableiten kann, lehrt, daß das Licht eines Fixsternes in dem Augenblick, in welchem letzterer den Mondrand berührt, nicht für uns merklich von seiner geradlinigen Bewegung abgelenkt wird. Wäre eine Strahlenbrechung am Rande des Mondes vorhanden, so müßte die zweite Bestimmung den Halbmesser um das Doppelte derselben kleiner ergeben als die erste, wogegen aber bei mehrfachen Versuchen beide Bestimmungen so nahe übereinkommen, daß man keinen entscheidenden Unterschied je hat auffinden können."[21] Der Eintritt von Sternen, welcher sich besonders scharf am dunklen Rande beobachten läßt, erfolgt plötzlich und ohne allmähliche Verminderung des Sternglanzes; ebenso der Austritt oder das Wiedererscheinen. Bei den wenigen Ausnahmen, die angegeben werden, mag die Ursache in zufälligen Veränderungen unserer Atmosphäre gelegen haben.

Fehlt nun dem Erdmonde jede gasförmige Umhüllung, so steigen dort bei Mangel alles diffusen Lichtes die Gestirne an einem fast schwarzen Taghimmel empor, keine Luftwelle kann dort tragen den Schall, den Gesang und die Rede. Es ist der Mond für unsere Phantasie, die so gern anmaßend in das nicht zu Ergründende überschweift, eine lautlose Einöde.

Das bei Sternbedeckungen bisweilen bemerkte Phänomen des Verweilens (Klebens) des eintretenden Sternes an und in dem Rande des Mondes[22] kann wohl nicht als Folge der Irradiation betrachtet werden, welche bei der schmalen Mondsichel, wegen einer so verschiedenen Intensität des Lichtes

im aschfarbenen und in dem von der Sonne unmittelbar erleuchteten Teile, diesen allerdings als jenen umfassend dem Auge erscheinen läßt. Arago hat bei einer totalen Mondfinsternis einen Stern an der wenig leuchtenden roten Mondscheibe während der Konjunktion deutlichst kleben sehen. Ob überhaupt die hier berührte Erscheinung in der Empfindung und in physiologischen Ursachen [23] oder in der Aberration der Refrangibilität und Sphärizität des Auges [24] gegründet sei, ist ein Gegenstand der Diskussion zwischen Arago und Plateau geblieben. Die Fälle, in denen behauptet wird, daß man ein Verschwinden und Wiedererscheinen und dann ein abermaliges Verschwinden bei einer Okkultation gesehen habe, mögen wohl den Eintritt an einem zufällig durch Bergabfälle und tiefe Klüfte verunstalteten Mondrand bezeichnen.

Die großen Unterschiede des Lichtreflexes in den einzelnen Regionen der erleuchteten Mondscheibe, und besonders der Mangel scharfer Abgrenzung in den Mondphasen an dem inneren Rande gegen den aschfarbenen Teil hin, erzeugten in der frühesten Zeit schon einige verständige Ansichten über die Unebenheiten der Oberfläche unseres Satelliten. Plutarch in der kleinen, aber sehr merkwürdigen Schrift Vom Gesicht im Monde sagt ausdrücklich, daß man in den Flecken teils tiefe Klüfte und Thäler, teils Berggipfel ahnen könne, „welche lange Schatten wie der Athos werfen, der mit dem seinigen Lemnos erreicht“.[25] Die Flecken bedecken ungefähr $^2/_5$ der ganzen Scheibe. Mit bloßen Augen sind unter günstigen Verhältnissen in der Stellung des Mondes bei der Heiterkeit unserer Atmosphäre erkennbar: der Rücken des Hochlandes der Apenninen, die dunkle Wallebene Grimaldi, das abgeschlossene Mare Crisium, der von vielen Bergrücken und Kratern umdrängte Tycho.[26] Nicht ohne Wahrscheinlichkeit ist behauptet worden, daß es besonders der Anblick der Apenninenkette gewesen sei, welcher die Griechen veranlaßt habe, die Mondflecken für Berge zu halten, und dabei, wie eben bemerkt, des Schattens des Athos zu gedenken, welcher in den Solstitien die eherne Kuh auf Lemnos erreichte. Eine andere, sehr phantastische Meinung über die Mondflecken war die von Plutarch bestrittene, des Agesianax, nach welcher die Mondscheibe, gleich einem Spiegel, die Gestalt und Umrisse unserer Kontinente und des äußeren (Atlantischen) Meeres uns katoptrisch wiedergeben solle. Eine ganz ähnliche Meinung scheint in Vorderasien sich als Volksglaube noch erhalten zu haben.[27]

Durch die sorgfältige Anwendung großer Fernröhren ist es allmählich gelungen, eine auf wirkliche Beobachtungen gegründete Topographie des Mondes zu entwerfen, und da in der Opposition die halbe Seite des Erdsatelliten sich ganz und auf einmal unseren Forschungen darstellt, so wissen wir von dem allgemeinen und bloß figürlichen Zusammenhange der Berggruppen im Monde mehr als von der Orographie einer ganzen, das Innere von Afrika und Asien enthaltenden Erdhälfte. Der Regel nach sind die dunkleren Teile der Scheibe die flächeren und niederen, die hellen, viel Sonnenlicht reflektierenden Teile die höheren und gebirgigen. Keplers alte Bezeichnung beider als Meer und Land ist aber längst aufgegeben, und es wurde schon von Hevel, trotz der ähnlichen durch ihn verbreiteten Nomenklatur, die Richtigkeit der Deutung und des Gegensatzes bezweifelt. Als mit der Anwesenheit von Wasserflächen streitend wird hauptsächlich der Umstand angeführt, daß in den sogenannten Meeren des Mondes die kleinsten Teile sich bei genauer Untersuchung und sehr verschiedener Beleuchtung als völlig uneben, als polyedrisch und eben deshalb viel polarisiertes Licht gebend erweisen. Arago hat gegen die Gründe, welche von den Unebenheiten hergenommen sind, erinnert, daß einige dieser Flächen trotz der Unebenheiten doch einem mit Wasser bedeckten, nicht allzu tiefen Meeresboden zugehören könnten, da auf unserem Planeten der unebene, klippenvolle Boden des Ozeans, von einer großen Höhe herab gesehen (wegen des Uebergewichtes des aus der Tiefe aufsteigenden Lichtes über die Intensität desjenigen, welches die Oberfläche des Meeres zurückstrahlt) deutlich gesehen werde (Annuaire du Bureau des Longit. pour 1836, p. 339 bis 343). In den bald erscheinenden Werken meines Freundes, seiner Astronomie und Photometrie, wird die wahrscheinliche Abwesenheit des Wassers auf unserem Satelliten aus anderen, hier nicht zu entwickelnden, optischen Gründen hergeleitet werden. Von den niederen Ebenen finden sich die größeren Flächen in dem nördlichen und östlichen Teile. Die meiste Ausdehnung (90000 geographische Quadratmeilen = 4955000 qkm) hat unter ihnen der nicht scharf begrenzte Oceanus Procellarum. Mit dem Mare Imbrium (16000 Quadratmeilen = 881000 qkm), dem Mare Nubium und einigermaßen mit dem Mare Humorum in Verbindung stehend und inselförmige Berglandschaften (die Riphäen, Kepler,

Kopernikus und die Karpathen) umgebend, bildet dieser östliche, dunklere Teil der Mondscheibe den entschiedensten Gegensatz zu der lichtstrahlenderen südwestlichen Gegend, in welcher Berge an Berge gedrängt sind. In der nordwestlichen Region zeigen sich zwei mehr geschlossene und isolierte Becken, das Mare Crisium (3000 Quadratmeilen = 165000 qkm) und das Mare Tranquillitatis (5800 Quadratmeilen = 319000 qkm).

Die Farbe dieser sogenannten Meere ist nicht bei allen die graue. Das Mare Crisium hat ein Grau mit Dunkelgrün vermischt, das Mare Serenitatis und Mare Humorum sind ebenfalls grün. Nahe bei dem Hercynischen Gebirge zeigt dagegen die isolierte Umwallung Lichtenberg eine blaßrötliche Farbe, ebenso Palus Somnii. Ringflächen ohne Centralberge haben meist eine dunkel stahlgraue, ins Bläuliche spielende Farbe. Die Ursachen dieser so verschiedenen Farbentöne des felsigen Erdreiches oder anderer lockerer Stoffe, die es bedecken, sind überaus rätselhaft. So wie nördlich vom Alpengebirge eine große Wallebene, Plato (bei Hevel Lacus niger major genannt), und noch mehr Grimaldi in der Aequatorialgegend und Endymion am nordwestlichen Rande, die drei dunkelsten Stellen der ganzen Mondscheibe sind, so ist Aristarch mit seinen in der Nachtseite bisweilen fast sternartig leuchtenden Punkten die hellste und glänzendste derselben. Alle diese Abwechselungen von Schatten und Licht affizieren eine jodierte Platte, und werden in Daguerreotypen unter starker Vergrößerung mit wunderbarer Treue dargestellt. Ich besitze selbst ein solches Mondlichtbild von zwei Zoll Durchmesser, in welchem man die sogenannten Meere und Ringgebirge deutlich erkennt; es ist von einem ausgezeichneten Künstler, Herrn Whipple zu Boston, angefertigt.

Wenn nun schon in einigen der Meere (Crisium, Serenitatis und Humorum) die Kreisform auffallend ist, so wiederholt sich dieselbe noch mehr, ja fast allgemein, in dem gebirgigen Teile der Mondscheibe, besonders in der Gestaltung der ungeheuren Gebirgsmassen, welche die südliche Halbkugel (vom Pole bis gegen den Aequator hin, wo die Masse in eine Spitze ausläuft) erfüllen. Viele der ringförmigen Erhebungen und Wallebenen (die größten haben nach Lohrmann über 1000 Quadratmeilen) bilden zusammenhängende Reihen, und zwar in der Meridianrichtung, zwischen 5° und 40°

südlicher Breite. Die nördliche Polargegend enthält vergleichungsweise nur in sehr geringem Maße diese zusammengedrängten Bergringe. Sie bilden dagegen in dem westlichen Rande der nördlichen Halbkugel zwischen 20° und 50° nördlicher Breite eine zusammenhängende Gruppe. Dem Nordpol selbst nahet sich bis auf wenige Grade das Mare Frigoris, und es bietet derselbe dadurch, wie der ganze ebene nordöstliche Raum, bloß einige isolierte ringförmige Berge (Plato, Mairan, Aristarch, Kopernikus und Kepler) umschließend, einen großen Kontrast mit dem ganz gebirgigen Südpol. An diesem glänzen hohe Gipfel im eigentlichsten Sinne des Wortes, ganze Lunationen hindurch in ewigem Lichte, es sind wahre Lichtinseln, die schon bei schwacher Vergrößerung erkannt werden.

Als Ausnahmen von diesem auf dem Monde so allgemein herrschenden Typus kreis- und ringförmiger Gestaltung treten wirkliche Gebirgsketten fast in der Mitte der nördlichen Mondhälfte (Apenninen, Kaukasus und Alpen) auf. Sie ziehen sich von Süden gegen Norden, in einem flachen Bogen etwas westlich gekrümmt, durch fast 32 Breitengrade. Zahllose Bergrücken und zum Teil überaus spitze Gipfel drängen sich hier zusammen. Wenige Ringgebirge oder kraterartige Vertiefungen (Conon, Hadley, Calippus) sind eingemengt, und das Ganze gleicht mehr der Gestaltung unserer Bergketten auf der Erde. Die Mondalpen, welche an Höhe dem Kaukasus und den Apenninen des Mondes nachstehen, bieten ein wunderbar breites Querthal, das die Kette von SO gegen NW durchschneidet, dar. Es ist von Gipfeln umgeben, welche die Höhe des Piks von Tenerifa übertreffen.

Die relative Höhe der Erhebungen im Verhältnis zu den Durchmessern des Mondes und der Erde gibt das merkwürdige Resultat, daß, da bei den 4mal kleineren Satelliten die höchsten Gipfel nur 600 Toisen (1170 m) niedriger als die der Erde sind, die Mondberge $\frac{1}{454}$, die Berge auf der Erde aber $\frac{1}{1481}$ des planetarischen Durchmessers betragen.[28] Unter den 1095 bereits gemessenen Höhenpunkten auf dem Monde finde ich 39 höher als den Montblanc (2462 Toisen = 4800 m) und 6 höher als 18000 Pariser Fuß (5850 m). Die Messungen geschehen entweder durch Lichttangenten (durch Bestimmung des Abstandes der in der Nachtseite des Mondes

als Lichtpunkte erleuchteten Berggipfel von der Lichtgrenze), oder durch Länge der Schatten. Der ersten Methode bediente sich schon Galilei, wie aus seinem Briefe an den Pater Grienberger über die Montuosità della Luna erhellt.

Nach Mädlers sorgfältigen Bergmessungen mittels der Länge der Schatten sind die Kulminationspunkte des Mondes in absteigender Folge am Südrande, dem Pole sehr nahe, Dörfel und Leibniz, 3800 Toisen (7400 m), das Ringgebirg Newton, wo ein Teil der tiefen Aushöhlung nie, weder von der Sonne noch von der Erdscheibe, beschienen wird, 3727 Toisen (7264 m), Casatus östlich von Newton 3569 Toisen (6956 m), Calippus in der Kaukasuskette 3190 Toisen (6217 m), die Apenninen zwischen 2800 und 3000 Toisen (5457 und 5847 m). Es muß hier bemerkt werden, daß bei dem gänzlichen Mangel einer allgemeinen Niveaulinie (der Ebene gleichen Abstandes von dem Centrum eines Weltkörpers, wie uns auf unserem Planeten die Meeresfläche darbietet) die absoluten Höhen nicht streng untereinander zu vergleichen sind, da die hier gegebenen 6 numerischen Resultate eigentlich nur Unterschiede der Gipfel von den nächsten sie umgebenden Ebenen oder Tiefpunkten ausdrücken. Auffallend ist es immer, daß Galilei die höchsten Mondgebirge ebenfalls „incirca miglia quatro", also ungefähr 1 geographische Meile (3800 Toisen), schätzte und sie nach dem Maß seiner hypsometrischen Kenntnisse für höher hielt als alle Berge der Erde.

Eine überaus merkwürdige und rätselhafte Erscheinung, welche die Oberfläche unseres Satelliten darbietet, und welche nur optisch einen Lichtreflex, nicht hypsometrisch eine Höhenverschiedenheit betrifft, sind die schmalen Lichtstreifen, die in schräger Beleuchtung verschwinden, im Vollmonde aber, ganz im Gegensatz mit den Mondflecken, als Strahlensysteme am sichtbarsten werden. Sie sind nicht Bergadern, werfen keinen Schatten, und laufen in gleicher Intensität des Lichtes aus den Ebenen bis zu Höhen von mehr als 12 000 Fuß (3900 m). Das ausgedehnteste dieser Strahlensysteme geht von Tycho aus, wo man mehr als hundert meistens einige Meilen breite Lichtstreifen unterscheiden kann. Aehnliche Systeme, welche den Aristarch, Kepler, Kopernikus und die Karpathen umgeben, stehen fast alle in Zusammenhang untereinander. Es ist schwer, durch Analogieen und Induktion geleitet, zu ahnen, welche spezielle

Veränderung des Bodens diese leuchtenden, von gewissen Ringgebirgen ausgehenden, bandartigen, lichtvollen Strahlen veranlaßt.

Der mehrfach erwähnte, auf der Mondscheibe fast überall herrschende Typus kreisförmiger Gestaltung (in den Wallebenen, die oft Centralberge umschließen, in den großen Ringgebirgen und ihren Kratern, deren in Bayer 22, in Albategnius 33 aneinandergedrängt gezählt werden) mußte einen tiefen Denker wie Robert Hooke frühe schon veranlassen, eine solche Form der Reaktion des Inneren des Mondkörpers gegen das Aeußere, „der Wirkung unterirdischer Feuer und elastischer durchbrechender Dämpfe, ja einer Ebullition in aufbrechenden Blasen" zuzuschreiben. Versuche mit verdickten siedenden Kalkauflösungen schienen ihm seine Ansicht zu bestätigen, und die Umwallungen mit ihren Centralbergen wurden damals schon mit „den Formen des Aetna, des Piks von Tenerifa, des Hekla und der von Gage beschriebenen Vulkane von Mexiko" verglichen. [29]

Den Galilei hatte, wie er selbst erzählt, eine ringförmige Wallebene des Mondes, wahrscheinlich ihrer Größe wegen, an die Gestaltung ganzer mit Bergen umgebener Länder erinnert. Ich habe eine Stelle aufgefunden, in der er jene ringförmigen Wallebenen des Mondes mit dem großen geschlossenen Becken von Böhmen vergleicht. Mehrere der Wallebenen sind in der That nicht viel kleiner, denn sie haben einen Durchmesser von 25 bis 30 geographischen Meilen (185 bis 220 km). [30] Dagegen überschreiten die eigentlichen Ringgebirge im Durchmesser kaum 2 bis 3 Meilen (15 bis 22 km). Conon in den Apenninen hat deren 2, und ein Krater, welcher zu der leuchtenden Mondlandschaft des Aristarch gehört, soll in der Breite gar nur 400 Toisen (780 m) Durchmesser darbieten, genau die Hälfte des von mir trigonometrisch gemessenen Kraters von Rucu-Pichincha im Hochlande von Quito.

Indem wir hier bei Vergleichungen mit uns wohlbekannten irdischen Naturerscheinungen und Größenverhältnissen verweilen, ist es nötig zu bemerken, daß der größere Teil der Wallebenen und Ringgebirge des Mondes zunächst als Erhebungskrater ohne fortdauernde Eruptionserscheinungen im Sinne der Annahme von Leopold von Buch zu betrachten sind. [31] Was wir nach europäischem Maßstabe groß auf der Erde nennen, die Erhebungskrater von Rocca Monfina, Palma, Tenerifa und Santorin, ver-

schwindet freilich gegen Ptolemäus, Hipparch und viele andere des Mondes. Palma gibt nur 3800 (7400 m), Santorin nach Kapitän Graves neuer Messung 5200 (10 135 m), Tenerifa höchstens 7600 Toisen (14 800 m) Durchmesser, also nur $1/8$ oder $1/6$ der zwei eben genannten Erhebungskrater des Mondes. Die kleinen Krater des Piks von Tenerifa und Vesuvs (300 bis 400 Fuß, 95 bis 120 m im Durchmesser) würden kaum durch Fernröhren gesehen werden können. Die bei weitem größere Zahl der Ringgebirge hat keinen Centralberg, und wo er sich findet, wird er als domförmig, oder flach (Hevelius, Macrobius), nicht als Eruptionskegel mit Oeffnung, beschrieben.[32] Der brennenden Vulkane, die man in der Nachtseite des Mondes gesehen haben will (4. Mai 1783), der Lichterscheinungen im Plato, welche Bianchini (16. August 1725) und Short (22. April 1751) beobachteten, erwähnen wir hier nur in historischem Interesse, da die Quellen der Täuschung längst ergründet sind, und in dem lebhafteren Reflex des Erdenlichtes liegen, welches gewisse Teile der Oberfläche unseres Planeten auf die aschfarbene Nachtseite des Mondes werfen.[33]

Man hat schon mehrmals und gewiß mit Recht darauf aufmerksam gemacht, daß bei dem Mangel von Wasser auf dem Monde (auch die Rillen, sehr schmale, meist geradlinige Vertiefungen,[34] sind keine Flüsse) wir uns die Oberfläche desselben ungefähr so beschaffen vorstellen müssen, wie es die Erde in ihrem primitiven, ältesten Zustande gewesen ist, als dieselbe noch unbedeckt war von muschelreichen Flözschichten, wie von Gerölle und Schuttland, das durch die fortschaffende Kraft der Ebbe und Flut, oder der Strömungen verbreitet worden ist. Sonnen- und Erdfluten fehlen natürlich da, wo das flüssige Element mangelt, kaum schwache Ueberdeckungen von zerstörten Reibungskonglomeraten sind denkbar. In unseren, auf Spaltöffnungen gehobenen Bergketten fängt man allmählich auch an, partielle Gruppierungen von Höhen, gleichsam eiförmige Becken bildend, hier und da zu erkennen. Wie ganz anders würde uns die Erdoberfläche erscheinen, wenn dieselbe von den Flöz- und Tertiärformationen wie von dem Schuttlande entblößt wäre!

Der Mond belebt und verherrlicht, mehr als alle anderen Planeten, durch Verschiedenheit seiner Phasen und durch den schnelleren Wechsel seiner relativen Stellung am Sternen-

himmel, unter jeglicher Zone den Anblick des Firmaments, er leuchtet erfreuend dem Menschen und (vornehmlich in den Urwäldern der Tropenwelt) den Tieren des Waldes.[35] Der Mond, durch die Anziehungskraft, die er gemeinschaftlich mit der Sonne ausübt, bewegt unsere Ozeane, das Flüssige auf der Erde, verändert allmählich durch periodische Anschwellung der Oberfläche und die zerstörenden Wirkungen der Flut den Umriß der Küsten, hindert oder begünstigt die Arbeit des Menschen, liefert den größten Teil des Materials, aus dem sich Sandsteine und Konglomerate bilden, welche dann wiederum von den abgerundeten losen Geschieben des Schuttlandes bedeckt sind. So fährt der Mond, als eine der Quellen der Bewegung, fort, auf die geognostischen Verhältnisse unseres Planeten zu wirken. Der unbestreitbare[36] Einfluß des Satelliten auf Luftdruck, wässerige Niederschläge und Wolkenzerstreuung wird in dem letzten, rein tellurischen Teile des Kosmos behandelt werden.

Mars.

Durchmesser des Planeten nur 0,519 Teile des Erddurchmessers (trotz seines schon beträchtlicheren Abstandes von der Sonne) oder 892 geographische Meilen (6720 km). Exzentrizität der Bahn 0,0932168, unter den alten Planeten nächst dem Merkur die stärkste, und auch deshalb, wie durch Nähe zur Erde die geeignetste zu Keplers großer Entdeckung der planetarischen elliptischen Bahnen. Rotation[37] nach Mädler und Wilhelm Beer $24^h\ 37'\ 23''$. Siderische Umlaufszeit um die Sonne 1 Jahr 321 Tage $17^h\ 30'\ 41''$. Die Neigung der Marsbahn gegen den Erdäquator ist $20^0\ 44'\ 24''$, die Masse $\frac{1}{2680337}$, die Dichtigkeit in Vergleich mit der der Erde 0,958.[38] Wie die große Annäherung des Enckeschen Kometen dazu benutzt worden ist, die Masse des Merkur zu ergründen, so wird auch die Masse des Mars einst durch die Störungen berichtigt werden, welche der Komet von de Vico durch ihn erleiden kann.

Die Abplattung des Mars, die (sonderbar genug) der große Königsberger Astronom dauernd bezweifelte, ist zuerst von William Herschel (1784) anerkannt worden. Ueber die Quantität dieser Abplattung aber hat lange Ungewißheit geherrscht. Sie wurde angegeben von William Herschel zu $\frac{1}{16}$,

nach Aragos genauerer Messung [39] mit einem prismatischen Fernrohr von 189 : 194, d. i. $\frac{1}{38{,}8}$, in späterer Messung (1847) zu $\frac{1}{32}$; doch ist Arago geneigt, die Abplattung noch für etwas größer zu halten. [40]

Wenn das Studium der Mondoberfläche an viele geognostische Verhältnisse der Oberfläche unseres Planeten erinnert, so sind dagegen die Analogieen, welche Mars mit der Erde darbietet, ganz meteorologischer Art. Außer den dunklen Flecken, von denen einige schwärzlich, andere, aber in sehr geringer Zahl, gelbrot, und von der grünlichen Kontrastfarbe sogenannter Seen umgeben sind, erscheinen auf der Marsscheibe noch, sei es an den Polen, welche die Rotationsachse bestimmt, sei es nahe dabei an den Kältepolen, abwechselnd zwei weiße, schneeglänzende Flecken. Es sind dieselben schon 1716 von Philipp Maraldi wahrgenommen, doch ihr Zusammenhang mit klimatischen Veränderungen auf dem Planeten ist erst von Herschel dem Vater in dem 74. Bande der Philosophical Transactions, für 1784, beschrieben worden. Die weißen Flecken werden wechselsweise größer oder kleiner, je nachdem ein Pol sich seinem Winter oder seinem Sommer nähert. Arago hat in seinem Polariskop die Intensität des Lichtes dieser Schneezone des Mars gemessen, und dieselbe zweimal größer als die Lichtstärke der übrigen Scheibe gefunden. In den physikalisch-astronomischen Beiträgen von Mädler und Beer sind vortreffliche graphische Darstellungen der Nord- und Südhalbkugel des Mars enthalten, und diese merkwürdige, im ganzen Planetensystem einzige Erscheinung ist darin nach allen Veränderungen der Jahreszeiten und der kräftigen Wirkung des Polarsommers auf den wegschmelzenden Schnee durch Messungen ergründet worden. Sorgfältige zehnjährige Beobachtungen haben auch gelehrt, daß die dunklen Marsflecken auf dem Planeten selbst ihre Gestalt und relative Lage konstant beibehalten. Die periodische Erzeugung von Schneeflecken, als meteorischen, von Temperaturwechseln abhängigen Niederschlägen, und einige optische Phänomene, welche die dunklen Flecken darbieten, sobald sie durch die Rotation des Planeten an den Rand der Scheibe gelangen, machen die Existenz einer Marsatmosphäre mehr als wahrscheinlich. [41]

Die kleinen Planeten.

Unter dem Namen einer mittleren Gruppe, welche gewissermaßen zwischen Mars und Jupiter eine scheidende Zone für die 4 inneren (Merkur, Venus, Erde, Mars) und die 4 äußeren Hauptplaneten (Jupiter, Saturn, Uranus, Neptun) unseres Sonnengebietes bildet, haben wir schon in den allgemeinen Betrachtungen [42] über planetarische Körper die Gruppe der kleinen Planeten (Asteroiden, Planetoiden, Koplaneten, teleskopischen oder Ultra-Zodiakalplaneten) bezeichnet. Es hat dieselbe den abweichendsten Charakter durch ihre ineinander verschlungenen, stark geneigten und übermäßig exzentrischen Bahnen, durch ihre außerordentliche Kleinheit, da der Durchmesser der Vesta selbst nicht den 4. Teil des Durchmessers des Merkur zu erreichen scheint. Als der erste Band des Kosmos 1845 erschien, waren nur 4 der kleinen Planeten, Ceres, Pallas, Juno und Vesta, entdeckt von Piazzi, Olbers und Harding (1. Januar 1801 bis 29. März 1807), bekannt, jetzt (im Juli 1851) ist die Zahl der kleinen Planeten schon auf 14 angewachsen [s. Zusätze am Schluß dieses Bandes], sie sind der Zahl nach der dritte Teil aller gleichzeitig bekannten 43 planetarischen Körper, d. i. aller Haupt- und Nebenplaneten.

Wenn lange im Sonnengebiete die Aufmerksamkeit der Astronomen auf Vermehrung der Glieder partieller Systeme (der Monde, welche um Hauptplaneten kreisen), und auf die jenseits des Saturn und Uranus in den fernsten Regionen zu entdeckenden Planeten gerichtet war, so bietet jetzt seit dem zufälligen Auffinden der Ceres durch Piazzi und besonders seit dem beabsichtigten Auffinden der Asträa durch Hencke, wie seit der großen Vervollkommnung von Sternkarten (die der Berliner Akademie enthalten alle Sterne bis zur 9. und teilweise bis zur 10. Größe) ein uns näherer Weltraum das reichste, vielleicht unerschöpfliche Feld für astronomische Arbeitsamkeit dar. Es ist ein besonderes Verdienst des astronomischen Jahrbuches, das in meiner Vaterstadt von Encke, dem Direktor der Berliner Sternwarte, unter Mitwirkung des Dr. Wolfers herausgegeben wird, daß darin die Ephemeriden der anwachsenden Schar von kleinen Planeten mit ganz besonderer Vollständigkeit behandelt werden.

Bisher erscheint die der Marsbahn nähere Region allerdings am meisten gefüllt, aber schon die Breite dieser gemessenen Zone ist, „wenn man den Unterschied der Radienvektoren in der nächsten Sonnennähe (Viktoria) und der weitesten Sonnenferne (Hygiea) ins Auge faßt, beträchtlicher als der Sonnenabstand des Mars".

Die Exzentrizitäten der Bahnen, von denen Ceres, Egeria und Vesta die kleinste, Juno, Pallas und Iris die größte haben, sind, wie die Neigung gegen die Ekliptik, welche von Pallas (34° 37′) und Egeria (16° 33′) bis Hygiea (3° 47) abnimmt, bereits oben berührt worden. Es folgt hier (S. 369) eingeschaltet die tabellarische Uebersicht der Elemente der kleinen Planeten, die ich meinem Freunde, Herrn Dr. Galle, verdanke.

Das gegenseitige Verhalten der Asteroidenbahnen und die Aufzählung der einzelnen Bahnpaare ist der Gegenstand scharfsinniger Untersuchungen zuerst (1848) von Gould, ganz neuerlich von d'Arrest geworden. „Es scheint," sagt der letztere, „am meisten für die innige Verbindung der ganzen Gruppe kleiner Planeten zu zeugen, daß, wenn man sich die Bahnen in ihren natürlichen Verhältnissen körperlich wie Reifen dargestellt denkt, sie alle dergestalt ineinander hängen, daß man vermittelst einer beliebigen die ganze Gruppe herausheben könnte. Wäre Iris, welche Hind im August 1847 auffand, uns zufällig noch unbekannt, wie gewiß noch viele andere Weltkörper in jener Region es sind, so bestünde die Gruppe aus zwei gesonderten Teilen — ein Ergebnis, das um so unerwarteter erscheinen muß, als die Zone weit ist, welche diese Bahnen im Sonnensysteme erfüllen."

Wir können diesen wundersamen Planetenschwarm nicht verlassen, ohne in dieser fragmentarischen Aufzählung der einzelnen Glieder des Sonnengebietes der kühnen Ansicht eines vielbegabten, tiefforschenden Astronomen über den Ursprung der Asteroiden und ihrer einander durchschneidenden Bahnen zu erwähnen. Ein aus den Rechnungen von Gauß gezogenes Ergebnis, daß Ceres bei ihrem aufsteigenden Durchgang durch die Ebene der Pallasbahn diesem letzteren Planeten überaus nahe kommt, leitete Olbers auf die Vermutung: „es könnten beide Planeten, Ceres und Pallas, Fragmente eines einzigen, durch irgend eine Naturkraft zerstörten, vormals die weite Lücke zwischen Mars und Jupiter ausfüllenden großen Hauptplaneten sein, und man habe in derselben Region einen

Elemente der 14 kleinen Planeten, für die Zeiten ihrer Oppositionen in der Nähe des Jahres 1851.

	Flora	Viktoria	Vesta	Iris	Metis	Hebe	Parthenope	Asträa	Egeria	Irene	Juno	Ceres	Pallas	Hygiea
	1852	1850	1851	1851	1851	1851	1851	1851	1852	1851	1851	1851	1851	1851
E	März 24	Okt. 0	Juni 9	Okt. 1	Febr. 8	Juli 12	Okt. 22,0	Apr. 29,5	Mz. 15,0	Juli 1,0	Juni 11,5	Dez. 30,0	Nov. 5,0	Sept. 28,5
L	174° 45′	342° 18′	256° 38′	18° 36′	126° 28′	311° 39′	17° 51′	197° 37	162° 29′	234° 15′	276° 0′	150° 33′	72° 35′	356° 45′
π	32 51	301 57	250 32	41 22	71 7	15 17	317 5	135 43	118 17	179 10	54 20	147 59	131 23	228 2
☊	110 21	235 28	103 22	259 44	68 29	138 31	124 59	141 28	43 18	86 51	170 55	80 49	172 45	287 38
i	5 53	8 23	7 8	5 28	5 36	14 47	4 37	5 19	16 33	9 6	13 3	10 37	34 37	3 47
μ	1086,04″	994,51″	977,90″	963,03″	962,58″	639,65″	926,22″	857,50″	854,96″	853,77″	813,88″	770,75″	768,43″	634,24″
a	2,2018	2,3349	2,3612	2,3855	2,3862	2,4249	2,4483	2,5774	2,5825	2,5849	2,6687	2,7673	2,7729	3,1514
e	0,15679	0,21792	0,08892	0,23239	0,12239	9,20186	0,09789	0,18875	0,08627	0,16786	0,25586	0,07647	0,23956	0,10092
U	1103 T	1303 T	1325 T	1346 T	1346 T	1379 T	1399 T	1511 T	1516 T	1518 T	1592 T	1681 T	1687 T	2043 T

Es bedeutet: E die Epoche der mittleren Länge in mittlerer Berliner Zeit, L die mittlere Länge in der Bahn, π die Länge des Perihels, ☊ die Länge des aufsteigenden Knotens, i die Neigung gegen die Ekliptik, μ die mittlere tägliche siderische Bewegung, a die halbe große Achse, e die Exzentrizität, U die siderische Umlaufszeit in Tagen. — Die Längen beziehen sich auf das Aequinoktium der Epoche.

Zuwachs von ähnlichen Trümmern, die eine elliptische Bahn um die Sonne beschreiben, zu erwarten".

Die Möglichkeit, die Epoche einer solchen *Weltbegebenheit*, welche zugleich die Epoche der Entstehung der kleinen Planeten sein soll, durch Rechnung zu bestimmen, bleibt bei der Verwickelung, welche die jetzt schon bekannte große Zahl der „Trümmer", die Säkularverrückungen der Apsiden und die Bewegung der Knotenlinien erzeugen, auch annäherungsweise mehr als zweifelhaft. Olbers bezeichnete die Gegend der Knotenlinie der Ceres- und Pallasbahn als entsprechend dem *nördlichen Flügel der Jungfrau* und dem Gestirne des *Walfisches*. In letzterem wurde allerdings von Harding die *Juno*, kaum zwei Jahre nach der Entdeckung der Pallas, aber zufällig, bei Konstruktion eines Sternkatalogs gefunden; in ersterem nach langem, fünfjährigem, durch die Hypothese geleiteten Suchen, von Olbers selbst die *Vesta*. Ob diese einzelnen Erfolge hinlänglich sind, die Hypothese zu begründen, ist hier nicht der Ort zu entscheiden. Die Kometennebel, in die man anfangs die kleinen Planeten gehüllt wähnte, sind bei Untersuchungen durch vollkommenere Instrumente verschwunden. Bedeutende Lichtveränderungen, denen die kleinen Planeten ausgesetzt sein sollten, schrieb Olbers ihrer unregelmäßigen Figur als „Bruchstücke eines einzigen zerstörten Planeten" [43] zu.

Jupiter.

Die mittlere Entfernung von der Sonne beträgt 5,202767 in Teilen des Erdabstandes vom Centralkörper. Der wahre mittlere *Durchmesser* dieses größten aller Planeten ist 19294 geogr. Meilen (143170 km), also gleich 11,255 Erddurchmessern, ungefähr um $^1/_5$ länger als der Durchmesser des fernen Saturn. [44] Siderischer *Umlauf* um die Sonne 11^J 314^T 20^h $2'$ $7''$. [45]

Die *Abplattung* des Jupiter ist nach den prismatischen Mikrometermessungen von Arago, welche 1824 in die *Exposition du Système du Monde* (p. 38) übergegangen sind, wie 167 : 177, also $\frac{1}{17,7}$; was sehr nahe mit der späteren Arbeit (1839) von Beer und Mädler [46] übereinstimmt, welche die Abplattung zwischen $\frac{1}{18,7}$ und $\frac{1}{21,6}$ fanden. Hansen und Sir John Herschel ziehen $\frac{1}{14}$ vor. Die allerfrüheste Beobachtung der Abplattung von Dominik Cassini ist älter als das Jahr

1666, wie ich schon an einem anderen Orte in Erinnerung gebracht. Dieser Umstand hat eine besondere historische Wichtigkeit wegen des Einflusses, welchen nach Sir David Brewsters scharfsinniger Bemerkung die von Cassini erkannte Abplattung auf Newtons Ideen über die Figur der Erde ausgeübt hat. Die Principia Philosophiae Naturalis zeugen dafür, aber die Zeitepochen, in denen diese Principia und Cassinis Beobachtung über den Aequatorial- und Polardurchmesser des Jupiter erschienen, konnten chronologische Zweifel erregen.[47]

Da die Jupitersmasse nach der Sonnenmasse das wichtigste Element für das ganze Planetensystem ist, so muß ihre genauere Bestimmung in neuerer Zeit durch Störungen der Juno und Vesta, wie durch Elongation der Jupiterstrabanten, besonders des vierten nach Airy (1834), als eine der folgereichsten Vervollkommnungen der rechnenden Astronomie betrachtet werden. Die Masse des Jupiter ist vergrößert gegen früher, die des Merkur dagegen vermindert worden. Es ist die erstere samt der Masse der vier Jupiterstrabanten $\frac{1}{1047,879}$ während sie Laplace noch zu $\frac{1}{1066,09}$ angab.

Die Rotation des Jupiter ist nach Airy 9 h 55′ 21,3″ mittlerer Sonnenzeit. Dominik Cassini hatte dieselbe zuerst 1655 durch einen Flecken, welcher viele Jahre, ja bis 1691 immer von gleicher Farbe und in gleichem Umriß sichtbar war, zwischen 9 h 55′ und 9 h 56′ gefunden. Die meisten dieser Flecken sind von größerer Schwärze als die Streifen des Jupiter. Sie scheinen aber nicht der Oberfläche des Planeten selbst anzugehören, da sie bisweilen, besonders die den Polen näherliegenden, eine andere Rotationszeit als die der Aequatorialgegend gegeben haben. Nach einem sehr erfahrenen Beobachter, Heinrich Schwabe in Dessau, sind die dunklen, schärfer begrenzten Flecken mehrere Jahre hintereinander von den beiden den Aequator begrenzenden grauen Gürteln (Streifen) bald dem südlichen, bald dem nördlichen ausschließend eigentümlich gewesen. Der Prozeß der Fleckenbildung ist also räumlich wechselnd. Bisweilen (ebenfalls nach Schwabes Beobachtungen im November 1834) sind die Jupitersflecken bei einer 280maligen Vergrößerung in einem Fraunhoferschen Fernrohr kleinen mit einem Hofe umgebenen Kernflecken der Sonne ähnlich. Ihre Schwärze ist aber dann doch geringer als die der Trabantenschatten. Der Kern ist wahrscheinlich ein Teil des Jupiterkörpers selbst, und wenn die atmosphärische Oeff-

nung über demselben Punkte stehen bleibt, so gibt die Bewegung des Fleckens die wahre Rotation. Sie teilen sich auch bisweilen wie Sonnenflecken, was schon Dominik Cassini im Jahre 1665 erkannte.

In der Aequatorialzone des Jupiter liegen zwei breite Hauptstreifen oder Gürtel von grauer oder graubrauner Farbe, welche gegen die Ränder blässer werden und endlich ganz verschwinden. Ihre Begrenzungen sind sehr ungleich und veränderlich; beide werden durch einen mittleren ganz hellen Aequatorialstreifen geschieden. Auch gegen die beiden Pole hin ist die ganze Oberfläche mit vielen schmäleren, blässeren, öfter unterbrochenen, selbst fein verzweigten, immer dem Aequator parallelen Streifen bedeckt. „Diese Erscheinungen," sagt Arago, „erklären sich am leichtesten, wenn man eine durch Wolkenschichten teilweise verdichtete Atmosphäre annimmt, in welcher jedoch die über dem Aequator ruhende Region, wahrscheinlich als Folge der Passatwinde, dunstleer und diaphan ist. Weil (wie schon William Herschel in einer Abhandlung annahm, welche im Jahre 1793 in dem 83. Bande der Philosophical Transactions erschien) die Wolkenoberfläche ein intensiveres Licht reflektiert als die Oberfläche des Planeten, so muß der Teil des Bodens, welchen wir durch die heitere Luft sehen, minderes Licht haben (dunkler erscheinen) als die vieles Licht zurückstrahlenden Wolkenschichten. Deshalb wechseln graue (dunkle) und helle Streifen miteinander; die ersteren erscheinen, wenn unter kleinen Winkeln der Visionsradius des Beobachters schief gegen den Rand des Jupiter gerichtet ist, durch eine größere, dickere Masse und mehr Licht reflektierende Luftschichten gesehen, um so weniger dunkel gefärbt, als sie sich vom Centrum des Planeten entfernen."[48]

Satelliten des Jupiter.

Schon zu Galileis glänzender Zeit ist die richtige Ansicht entstanden, daß das untergeordnete Planetensystem des Jupiter, vielen Verhältnissen des Raumes und der Zeit nach, ein Bild des Sonnensystems im kleinen darbiete. Diese damals schnell verbreitete Ansicht, wie die bald darauf entdeckten Phasen der Venus (Februar 1610) haben viel dazu beigetragen, dem kopernikanischen Systeme allgemeineren Eingang zu verschaffen. Die Vierzahl der Trabanten des Jupiter ist die einzige Trabantenzahl der äußeren Hauptplaneten, welche

(seit der Epoche der ersten Entdeckung durch Simon Marius, am 29. Dezember 1609) in fast drittehalbhundert Jahren keine neuere Entdeckung vermehrt hat.

Die folgende Tabelle enthält nach Hansen die siderischen Umlaufszeiten der Satelliten des Jupiter, ihre mittleren Entfernungen im Halbmesser des Hauptplaneten ausgedrückt, ihre Durchmesser in geographischen Meilen und ihre Massen als Teile der Jupitersmasse:

Satelliten	Umlaufszeit	Entfernung vom Jupiter	Durchmesser in geograph. Meilen	Masse
1	$1^{T}\ 18^{h}\ 28'$	6,049	529	0,0000173281
2	3 13 14	6,623	475	0,0000232355
3	7 3 43	15,350	776	0,0000884972
4	16 16 32	26,998	664	0,0000426591

Wenn $\frac{1}{1047,897}$ die Masse des Jupiter und der Trabanten ausdrückt, so ist die Masse des Hauptplaneten ohne die Trabanten, $\frac{1}{1048,059}$, nur um etwa $\frac{1}{6000}$ kleiner.

Die Vergleichungen der Größen, Abstände und Exzentrizität mit anderen Satellitensystemen sind bereits oben (Kosmos Bd. III, S. 328—330) gegeben worden. Die Lichtintensität der Jupiterstrabanten ist verschiedenartig und nicht ihrem Volum proportional, da der Regel nach der dritte und der erste, deren Größenverhältnis nach den Durchmessern wie 8:5 ist, am hellsten erscheinen. Der kleinste und dichteste von allen, der zweite, ist gewöhnlich heller als der größere, vierte, welchen man den lichtschwächsten zu nennen pflegt. Zufällige (temporäre) Schwankungen der Lichtintensität, die auch bemerkt werden, sind bald Veränderungen der Oberfläche, bald Verdunkelungen in der Atmosphäre der Jupitersmonde zugeschrieben worden. Sie scheinen übrigens wohl alle ein intensiveres Licht als der Hauptplanet zu reflektieren. Wenn die Erde zwischen Jupiter und der Sonne steht und die Satelliten also, sich von Osten nach Westen bewegend, scheinbar in den östlichen Rand des Jupiter eintreten, so verdecken sie

uns in ihrer Bewegung nach und nach einzelne Teile der Scheibe des Hauptplaneten und werden schon bei nicht starker Vergrößerung erkannt, indem sie sich leuchtend abheben von jener Scheibe. Die Sichtbarkeit des Satelliten wird um so schwieriger, je mehr er sich dem Centrum des Jupiter nähert. Aus dieser früh bemerkten Erscheinung hat schon Pound, Newtons und Bradleys Freund, geschlossen, daß gegen den Rand hin die Jupitersscheibe weniger Licht habe als das Centrum. Arago glaubt, daß diese von Messier wiederholte Behauptung Schwierigkeiten darbietet, welche erst durch neue und feinere Beobachtungen gelöst werden können. Jupiter ist ohne alle Satelliten gesehen worden von Molineux im November 1681, von Sir William Herschel am 23. Mai 1802, und zuletzt von Griesbach am 27. September 1843. Eine solche Nichtsichtbarkeit der Satelliten bezieht sich aber nur auf den Raum außerhalb der Jupitersscheibe und steht nicht dem Theorem entgegen, daß alle vier Satelliten nie gleichzeitig verfinstert werden können.

Saturn.[49]

Die siderische oder wahre Umlaufszeit des Saturn ist 29 Jahre 166 Tage 23 St. 16 Min. 32 Sek. Sein mittlerer Durchmesser ist 15507 geogr. Meilen, gleich 9022 Erddurchmessern. Die Rotation, aus den Beobachtungen einiger dunkler Flecken (knotenartiger Verdichtungen der Streifen) auf der Oberfläche geschlossen,[50] ist $10^h\ 29'\ 17''$. Einer so großen Geschwindigkeit der Umdrehung um die Achse entspricht die starke Abplattung. William Herschel bestimmte sie schon 1776 zu $\frac{1}{10{,}4}$; Bessel fand nach dreijährigen und mehr untereinander übereinstimmenden Beobachtungen in der mittleren Entfernung den Polardurchmesser zu 15,381″, den Aequatorialdurchmesser zu 17,053″, also eine Abplattung[51] von $\frac{1}{10{,}2}$. Der Körper des Planeten hat ebenfalls bandartige Streifen, die aber weniger sichtbar, wenngleich etwas breiter als die des Jupiter sind. Der konstanteste derselben ist ein grauer Aequatorialstreifen. Auf diesen folgen mehrere andere, aber mit wechselnden Formen, was auf einen atmosphärischen Ursprung deutet. William Herschel hat sie nicht immer dem Saturnsringe parallel gefunden; sie reichen auch nicht bis zu den Polen hin. Die Gegend um die Pole zeigt, was sehr

merkwürdig, einen Wechsel in der Lichtreflexion, welcher von den Jahreszeiten auf dem Saturn abhängig ist. Die Polarregion wird nämlich im Winter heller leuchtend, eine Erscheinung, welche an die wechselnde Schneeregion des Mars erinnert und schon dem Scharfblick von William Herschel nicht entgangen war. Sei nun eine solche Zunahme der Lichtintensität der temporären Entstehung von Eis und Schnee, oder einer außerordentlichen Anhäufung von Wolken zuzuschreiben, immer deutet sie auf Wirkungen von Temperaturveränderungen, auf eine Atmosphäre.

Die Masse des Saturn haben wir bereits oben zu $\frac{1}{3501,6}$ angegeben; sie läßt bei dem ungeheuren Volum des Planeten (sein Durchmesser ist $^4/_5$ des Durchmessers des Jupiter) auf eine sehr geringe und gegen die Oberfläche abnehmende Dichtigkeit schließen. Bei einer ganz homogenen Dichtigkeit ($\frac{76}{100}$ von der des Wassers) würde die Abplattung noch stärker sein.

In der Ebene seines Aequators umgeben den Planeten wenigstens zwei frei schwebende, in einer und derselben Ebene liegende überaus dünne Ringe. Sie haben eine größere Intensität des Lichtes als Saturn selbst, und der äußere Ring ist noch heller als der innere. [52] Die Teilung des von Huygens 1655 als eines einzigen erkannten [53] Ringes wurde wohl schon von Dominik Cassini 1675 gesehen, aber zuerst von William Herschel (1789 bis 1792) genau beschrieben. Den äußeren Ring hat man seit Short mehrfach durch feinere Streifen abgeteilt gefunden, aber diese Linien oder Streifen sind nie sehr konstant gewesen. Ganz neuerlich, in den letzten Monaten des Jahres 1850, haben Bond in Cambridge (Ver. St. von Amerika) durch den großen Refraktor von Merz (mit 14zölligem Objektive) am 11. November, Dawes bei Maidstone in England am 25. November, also nahe gleichzeitig, zwischen dem zweiten bisher sogenannten inneren Ringe und dem Hauptplaneten einen dritten, sehr matten und lichtschwachen, dunkleren Ring entdeckt. Er ist durch eine schwarze Linie von dem zweiten getrennt und füllt den dritten Teil des Raumes aus, welchen man zwischen dem zweiten Ringe und dem Körper des Planeten bisher als leer angab und durch welchen Derham kleine Sterne will gesehen haben.

Die Dimensionen des geteilten Saturnsringes sind von Bessel und Struve bestimmt worden. Nach dem letzteren

erscheint uns der äußere Durchmesser des äußersten Ringes in der mittleren Entfernung des Saturn unter einem Winkel von 40,09″, gleich 38300 geogr. Meilen (284200 km), der innere Durchmesser desselben Ringes unter einem Winkel von 35,29″, gleich 23700 geogr. Meilen (249770 km). Für den äußeren Durchmesser des inneren (zweiten) Ringes erhält man 34,47″, für den inneren Durchmesser desselben Ringes 26,67″. Den Zwischenraum, welcher den letztgenannten Ring von der Oberfläche des Planeten trennt, setzt Struve zu 4,34″. Die ganze Breite des ersten und zweiten Ringes ist 3700 Meilen (27500 km), die Entfernung des Ringes von der Oberfläche des Saturn ungefähr 5000 Meilen (37100 km), die Kluft, welche den ersten Ring von dem zweiten trennt und welche der von Dominik Cassini gesehene schwarze Teilungsstrich bezeichnet, nur 390 Meilen (2900 km). Von der Dicke dieser Ringe glaubt man, daß sie nicht 20 Meilen (148 km) übersteige. Die Masse der Ringe ist nach Bessel $\frac{1}{118}$ der Saturnsmasse. Sie bieten einzelne Erhöhungen [54] und Ungleichheiten dar, durch welche man annäherungsweise ihre Umdrehungszeit (der des Planeten vollkommen gleich) hat beobachten können. Die Unregelmäßigkeiten der Form offenbaren sich bei dem Verschwinden des Ringes, wo gewöhnlich der eine Henkel früher als der andere unsichtbar wird. [55]

Eine sehr merkwürdige Erscheinung ist die von Schwabe zu Dessau im September 1827 entdeckte exzentrische Lage des Saturn. Der Saturnsring ist nicht konzentrisch mit der Kugel selbst, sondern Saturn liegt im Ringe etwas westlich. Diese Beobachtung ist von Harding, Struve, John Herschel und South (teilweise durch mikrometrische Messungen) bestätigt worden. Kleine, periodisch scheinende Verschiedenheiten in der Quantität der Exzentrizität, die sich aus Reihen korrespondierender Beobachtungen von Schwabe, Harding und de Vico in Rom ergaben, sind vielleicht in Oszillationen des Schwerpunktes des Ringes um den Mittelpunkt des Saturn gegründet. Auffallend ist, daß schon am Ende des 17. Jahrhunderts ein Geistlicher, Gallet zu Avignon, ohne Erfolg versucht hatte, die Astronomen seiner Zeit auf die exzentrische Lage des Saturn aufmerksam zu machen. [56] Bei der so überaus geringen und nach der Oberfläche abnehmenden Dichtigkeit des Saturn (vielleicht kaum $^{3}/_{5}$ der Dichtigkeit des Wassers) ist es schwer, sich eine Vorstellung von dem Molekularzustande oder

der materiellen Beschaffenheit des Planetenkörpers zu machen, oder gar zu entscheiden, ob diese Beschaffenheit wirkliche Flüssigkeit, d. h. Verschiebbarkeit der kleinsten Teile, oder Starrheit (nach der so oft angeführten Analogie von Tannenholz, Bimsstein, Kork oder eines erstarrten Flüssigen, des Eises) voraussetze. Der Astronom der Krusensternschen Expedition, Horner, nennt den Saturnsring einen Wolkenzug; er will, daß die Berge des Saturn aus Dampfmassen und Dunstbläschen bestehen. Die Konjekturalastronomie treibt hier ein freies und erlaubtes Spiel. Ganz anderer Art sind die ernsten, auf Beobachtung und analytischen Kalkül gegründeten Spekulationen über die Möglichkeit der Stabilität des Saturnsringes von zwei ausgezeichneten amerikanischen Astronomen, Bond und Peirce. Beide stimmen für das Resultat der Flüssigkeit, wie für fortdauernde Veränderlichkeit in der Gestalt und Teilbarkeit des äußeren Ringes. Die Erhaltung des Ganzen ist von Peirce als von der Einwirkung und Stellung der Satelliten abhängig betrachtet worden, weil ohne diese Abhängigkeit, auch bei Ungleichheiten im Ringe, sich das Gleichgewicht nicht würde erhalten können.

Satelliten des Saturn.

Die fünf ältesten Saturnstrabanten wurden entdeckt zwischen den Jahren 1655 und 1684 (Titan, der sechste im Abstande, von Huygens, und vier von Cassini, nämlich: Japetus, der äußerste aller, Rhea, Tethys und Dione). Auf die fünf ältesten Satelliten folgte 1789 die Entdeckung von zweien, dem Hauptplaneten am nächsten stehenden, Mimas und Enceladus, durch William Herschel. Der siebente Satellit, Hyperion endlich, der vorletzte im Abstande, wurde von Bond zu Cambridge (Ver. St. von Am.) und von Lassell zu Liverpool im September 1848 fast gleichzeitig aufgefunden. Ueber die relative Größe und Verhältnisse der Abstände in diesem Partialsysteme ist schon früher verhandelt (Kosmos Bd. I, S. 70 und Bd. III, S. 329). Die Umlaufszeiten und mittleren Entfernungen, letztere in Teilen des Aequatorialhalbmessers des Saturn ausgedrückt, sind nach den Beobachtungen, die Sir John Herschel am Vorgebirge der guten Hoffnung zwischen 1835 und 1837 angestellt, folgende:

Satelliten nach Zeit der Entdeckung	Satelliten nach Abständen	Umlaufszeit				Mittlere Entfernung
f	1. Mimas	0ᵀ	22ʰ	37′	22,9″	3,3607
g	2. Enceladus	1	8	53	6,7	4,3125
e	3. Tethys	1	21	18	25,7	5,3396
d	4. Dione	2	17	41	8,9	6,8398
c	5. Rhea	4	12	25	10,8	9,5528
a	6. Titan	15	22	41	25,2	22,1450
h	7. Hyperion	22	12	?		28,0000?
b	8. Japetus	79	7	53	40,4	64,3590

Zwischen den ersten vier, dem Saturn nächsten Satelliten zeigt sich ein merkwürdiges Verhältnis der Kommensurabilität der Umlaufszeiten. Die Periode des 3. Satelliten (Tethys) ist das Doppelte von der des 1. (Mimas), der 4. Satellit (Dione) hat die doppelte Umlaufszeit des 2. (Enceladus). Die Genauigkeit geht bis auf $\frac{1}{800}$ der längeren Periode. Dieses nicht beachtete Resultat ist mir bereits im November 1845 in Briefen von Sir John Herschel mitgeteilt worden. Die vier Trabanten des Jupiter zeigen eine gewisse Regelmäßigkeit in den Abständen, sie bieten ziemlich nahe die Reihe 3 . 6 . 12 dar. Der 2. ist vom 1. in Halbmessern des Jupiter entfernt 3,6, der 3. vom 2. 5,7, der 4. vom 3. 11,6. Das sogenannte Gesetz von Titius haben dazu Fries und Challis in allen Satellitensystemen, selbst in dem des Uranus, nachzuweisen versucht.

Uranus.[57]

Die anerkannte Existenz dieses Weltkörpers, die große Entdeckung von William Herschel, hat nicht bloß die Zahl der seit Jahrtausenden allein bekannten sechs Hauptplaneten zuerst vermehrt und den Durchmesser des planetarischen Sonnen-

gebietes mehr als verdoppelt, sie hat auch durch die Störungen, welche Uranus aus lange unbekannter Ferne erlitt, nach 65 Jahren zu der Entdeckung des Neptun geleitet. Uranus wurde zufällig (13. März 1781) bei der Untersuchung einer kleinen Sterngruppe in den Zwillingen durch seine kleine Scheibe erkannt, welche unter Vergrößerungen von 460 und 932mal weit mehr zunahm, als es der Fall war bei anderen daneben stehenden Sternen. Auch bemerkte der scharfsinnige, mit allen optischen Erscheinungen so vertraute Entdecker, daß die Lichtintensität bei starker Vergrößerung in dem neuen Weltkörper beträchtlich abnahm, während sie bei den Fixsternen gleicher (6. bis 7. Größe) dieselbe blieb.

Herschel nannte den Uranus, als er seine Existenz anfangs verkündete, einen Kometen, und erst die vereinten Arbeiten von Saron, Lexell, Laplace und Méchain, welche durch des verdienstvollen Bodes Auffindung (1784) älterer Beobachtungen des Gestirnes von Tobias Mayer (1756) und Flamsteed (1690) ungemein erleichtert wurden, haben die elliptische Bahn des Uranus und seine ganz planetarischen Elemente bewundernswürdig schnell festgestellt. Die mittlere Entfernung des Uranus von der Sonne ist nach Hansen 19,18239 oder 396½ Millionen geogr. Meilen (2942 Millionen km), seine siderische Umlaufszeit 84^J 5^T 19^h 41′ 36″, seine Neigung gegen die Ekliptik 0° 46′ 28″, der scheinbare Durchmesser in der mittleren Entfernung von der Erde 9,9″. Seine Masse, welche die ersten Trabantenbeobachtungen zu $\frac{1}{17918}$ bestimmt hat, ergibt sich nach Lamonts Beobachtung nur zu $\frac{1}{24605}$; danach fiele seine Dichtigkeit zwischen die des Jupiter und des Saturn. Eine Abplattung des Uranus wurde schon von Herschel, als derselbe Vergrößerungen von 800 bis 2400mal anwandte, vermutet. Nach Mädlers Messungen in den Jahren 1842 und 1843 würde sie zwischen $\frac{1}{10,7}$ und $\frac{1}{9,9}$ zu fallen scheinen. Daß die anfangs vermuteten zwei Ringe des Uranus eine optische Täuschung waren, ist von dem immer so vorsichtig und ausdauernd prüfenden Entdecker selbst erkannt worden.

Satelliten des Uranus.[58]

„Uranus," sagt Herschel der Sohn, „ist von 4, wahrscheinlich von 5 oder 6 Satelliten umgeben." Es bieten dieselben eine große, bisher noch nirgends im Sonnensysteme

aufgefundene Eigentümlichkeit dar, die nämlich, daß, wenn alle Satelliten (der Erde, des Jupiter, des Saturn), wie auch alle Hauptplaneten sich von West nach Ost bewegen und, einige Asteroiden abgerechnet, nicht viel gegen die Ekliptik geneigt sind, die fast ganz kreisförmige Bahn der Uranustrabanten unter einem Winkel von 78° 58′, also nahe senkrecht auf der Ekliptik steht, und die Trabanten selbst sich von Ost nach West bewegen. Bei den Satelliten des Uranus, wie bei denen des Saturn, sind wohl zu unterscheiden die Reihung und Nomenklatur der Zählung nach Maßgabe der Abstände vom Hauptplaneten, und die Reihung nach Maßgabe der Epochen der Entdeckung. [S. Zusätze am Schluß dieses Bandes.] Von den Uranussatelliten wurden zuerst durch William Herschel aufgefunden (1787) der 2. und 4., dann (1790) der 2. und 5., zuletzt (1794) der 6. und 3. In den 56 Jahren, welche seit der letzten Entdeckung eines Uranussatelliten (des 3.) verflossen sind, ist oft und mit Ungerechtigkeit an der Existenz von 6 Uranustrabanten gezweifelt worden; Beobachtungen der letzten 20 Jahre haben allmählich erwiesen, wie zuverlässig der große Entdecker von Slough auch in diesem Teile der planetarischen Astronomie gewesen ist. Es sind bisher wiedergesehen worden der 1., 2., 4. und 6. Satellit des Uranus. Vielleicht darf man auch den 3. hinzusetzen, nach der Beobachtung Lassells vom 6. November 1848. Wegen der großen Oeffnung seines Spiegelteleskops und der dadurch erlangten Lichtfülle hielt Herschel der Vater, bei der Schärfe seines Gesichtes, unter günstigen Luftverhältnissen schon eine Vergrößerung von 157mal für hinlänglich; der Sohn schreibt für diese so überaus kleinen Lichtscheiben (Lichtpunkte) im allgemeinen eine 300malige Vergrößerung vor. Der 2. und 4. Satellit sind am frühesten, sichersten und häufigsten wiedergesehen worden von Sir John Herschel in den Jahren 1828 bis 1834 in Europa und am Vorgebirge der guten Hoffnung, später von Lamont in München und Lassell in Liverpool. Der 1. Satellit des Uranus wurde von Lassell (14. September bis 9. November 1847) und von Otto Struve (8. Oktober bis 10. Dezember 1847), der äußerste (6.) von Lamont (1. Oktober 1837) aufgefunden. Noch gar nicht wiedergesehen scheint der 5., nicht befriedigend genug der 3. Satellit. Die hier zusammengestellten Einzelheiten sind auch deshalb nicht ohne Wichtigkeit, weil sie von neuem zu der Vorsicht anregen, sogenannten negativen Beweisen nicht zuviel zu trauen.

Neptun.[59]

Das Verdienst, eine umgekehrte Störungsaufgabe (die: „aus den gegebenen Störungen eines bekannten Planeten die Elemente des unbekannten störenden herzuleiten") erfolgreich bearbeitet und veröffentlicht, ja durch eine kühne Vorherverkündigung die große Entdeckung des Neptun von Galle am 23. September 1846 veranlaßt zu haben, gehört der scharfsinnigen Kombinationsgabe, der ausdauernden Arbeitsamkeit von le Verrier. Es ist, wie Encke sich ausdrückt, die glänzendste unter allen Planetenentdeckungen, weil rein theoretische Untersuchungen die Existenz und den Ort des neuen Planeten haben voraussagen lassen. Die so schnelle Auffindung selbst ist durch die vortreffliche akademische Berliner Sternkarte von Bremiker begünstigt worden.

Wenn unter den Abständen der äußeren Planeten von der Sonne der Abstand des Saturn (9,53) fast doppelt so groß als der des Jupiter (5,20), der Abstand des Uranus (19,18) aber mehr als das Doppelte von dem des Saturn ist, so fehlen dagegen dem Neptun (30,04) zur abermaligen (dritten) Verdoppelung der Abstände noch volle 10 Erdweiten, d. i. ein ganzes Drittel von seinem Sonnenabstande. Die planetarische Grenze ist dermalen 621 Mill. geogr. Meilen (4600 Mill. km) von dem Centralkörper entfernt; durch die Entdeckung des Neptun ist der Markstein unseres planetarischen Wissens um mehr als 223 Mill. Meilen = 1640 Mill. km (über 10,8 Abstände der Sonne von der Erde) weiter gerückt. Je nachdem man die Störungen erkennt, welche der jedesmalige letzte Planet erleidet, werden so allmählich andere und andere Planeten entdeckt werden, bis diese wegen ihrer Entfernung aufhören, unseren Fernröhren sichtbar zu sein.

Nach den neuesten Bestimmungen ist die Umlaufszeit des Neptun 60126,7 Tage oder 164 Jahre und 226 Tage, und seine halbe große Achse 30,03628. Die Exzentrizität seiner Bahn, nächst der der Venus die kleinste, ist 0,00871946, seine Masse $\frac{1}{14446}$, sein scheinbarer Durchmesser nach Encke und Galle 2,70″, nach Challis sogar 3,07″, was die Dichtigkeit im Verhältnis zu der der Erde zu 0,230, also größer als die des Uranus (0,178), gibt.[60]

Dem Neptun wurde, bald nach der ersten Entdeckung durch Galle, von Lassell und Challis ein Ring zugeschrieben. Der erstere hatte eine Vergrößerung von 567mal angewandt, und versucht, die große Neigung des Ringes gegen die Ekliptik zu bestimmen, aber spätere Untersuchungen haben bei Neptun, wie lange vorher bei Uranus, den Glauben an einen Ring vernichtet.

Ich berühre aus Vorsicht kaum in diesem Werke die allerdings früheren, aber unveröffentlichten und durch einen anerkannten Erfolg nicht gekrönten Arbeiten des so ausgezeichneten und scharfsinnigen englischen Geometers, Herrn J. C. Adams von St. Johns College zu Cambridge. Die historischen Thatsachen, welche sich auf diese Arbeiten und auf le Verriers und Galles glückliche Entdeckung des neuen Planeten beziehen, sind in zwei Schriften, von dem Astronomer royal Airy und von Bernhard von Lindenau, umständlich, parteilos und nach sicheren Quellen entwickelt worden.[61] Geistige Bestrebungen, fast gleichzeitig auf dasselbe wichtige Ziel gerichtet, bieten in rühmlichem Wettkampfe ein um so lebhafteres Interesse dar, als sie durch die Wahl der angewandten Hilfsmittel den dermaligen glänzenden Zustand des höheren mathematischen Wissens bezeugen.

Satelliten des Neptun.

Wenn in den äußeren Planeten die Existenz eines Ringes bis jetzt sich nur ein einziges Mal darbietet, und seine Seltenheit vermuten läßt, daß die Entstehung und Bildung einer materiellen losen Umgürtung von dem Zusammentreffen eigener, schwer zu erfüllender, Bedingnisse abhängt, so ist dagegen die Existenz von Satelliten, welche die äußeren Hauptplaneten (Jupiter, Saturn, Uranus) begleiten, eine um so allgemeinere Erscheinung. Lassell erkannte schon anfang August 1847 mit Sicherheit[62] den ersten Neptunstrabanten in seinem großen 20füßigen Reflektor mit 24zölliger Oeffnung. Otto Struve[63] zu Pulkowa (11. September bis 20. Dezember 1847) und Bond, der Direktor der Sternwarte zu Cambridge in den Vereinigten Staaten von Nordamerika (16. September 1847) bestätigen Lassells Entdeckung. Die Pulkowaer Beobachtungen gaben die Umlaufszeit des Neptunstrabanten zu

$5^{z}\ 21^{h}\ 7'$, die Neigung der Bahn gegen die Ekliptik zu $34^{0}\ 7'$, die Entfernung vom Mittelpunkt des Hauptplaneten zu 54000 geogr. Meilen, die Masse zu $\frac{1}{14506}$. Drei Jahre später (14. August 1850) entdeckte Lassell einen zweiten Neptunstrabanten, auf welchen er 628malige Vergrößerungen anwandte. Diese letzte Entdeckung ist, glaube ich, bisher noch nicht von anderen Beobachtern bestätigt worden.

Anmerkungen.

[1] (S. 349.) Vergl. die Beobachtungen des schwedischen Mathematikers Vigerus Vassenius zu Gotenburg während der totalen Sonnenfinsternis des 2. Mai 1733, und den Kommentar dazu von Arago im Annuaire du Bureau des Longitudes pour 1846, p. 441 und 462. Dr. Galle, welcher am 28. Juli 1851 zu Frauenburg beobachtete, sah das „frei schwebende Wölkchen durch drei oder noch mehr Fasern mit der hakenförmigen (gekrümmten) Gibbosität verbunden."

[2] (S. 349.) Vergl., was ein sehr geübter Beobachter, der Schiffskapitän Bérard, am 8. Juli 1842 in Toulon beobachtete. „Il vit une bande rouge très mince, dentelée irrégulièrement"; a. a. O. p. 416.

[3] (S. 349.) Dieser Umriß des Mondes, während der totalen Sonnenfinsternis am 8. Juli 1842 von vier Beobachtern genau erkannt, war vorher bei ähnlichen Sonnenfinsternissen noch nie beschrieben worden. Die Möglichkeit des Sehens von einem äußeren Mondumrisse scheint abhängig von dem Lichte, welches die dritte, äußerste Umhüllung der Sonne und der Lichtring (die Strahlenkrone) geben. „La lune se projette *en partie* sur l'atmosphère du Soleil. Dans la portion de la lunette où l'image de la lune se forme, il n'y a que la lumière provenant de l'atmosphère terrestre. La lune ne fournit rien de sensible et, semblable à un écran, elle arrête tout ce qui provient de plus loin et lui correspond. En dehors de cette image, et précisément à partir de son bord, le champ est éclairé à *la fois* par la lumière de l'atmosphère terrestre et par la *lumière de l'atmosphère solaire*. Supposons que ces deux lumières réunies forment un total plus fort de $\frac{1}{60}$ que la lumière atmosphérique terrestre, et, dès ce moment, le bord de la lune sera visible. Ce genre de vision peut prendre le nom de *vision négative;* c'est en effet par une *moindre intensité* de la portion du champ de la lunette où existe l'image de la lune, que le *contour* de cette image est aperçu. Si l'image était *plus intense* que le reste du champ, la vision serait positive." Arago a. a. O. p. 384.

[4] (S. 350.) Bei dem Merkurdurchgange vom 4. Mai 1832 fanden Mädler und Wilhelm Beer den Durchmesser des Merkur 583 Meilen (4326 km); aber in der Ausgabe der Astronomie v. 1849 hat Mädler das Besselsche Resultat vorgezogen. [Neuere Messungen geben dem Monde einen Aequatorialdurchm. von bloß 3480 km. — D. Herausg.]

[5] (S. 350.) Der berühmte Verfasser gesteht aber selbst, daß zur Bestimmung der Merkurmasse er sich gegründet habe auf die „hypothèse très précaire qui suppose les densités de Mercure et de la Terre réciproque à leur moyenne distance du Soleil.“ — Ich habe weder der 58 000 Fuß (18 840 m) hohen Bergzüge auf der Merkurscheibe, die Schröter gemessen haben will und die schon Kaiser bezweifelt, noch der von Lemonnier und Messier behaupteten Sichtbarkeit einer Merkuratmosphäre, während der Durchgänge vor der Sonne, noch der vorübergehenden Wolkenzüge und Oberflächenverdunkelung auf dem Planeten erwähnen mögen. Bei dem Durchgange, den ich in Peru am 8. November 1802 beobachtete, bin ich sehr auf die Schärfe des Umrisses des Planeten während des Austrittes aufmerksam gewesen, habe aber nichts von einer Umhüllung bemerkt.

[6] (S. 350.) Le Verrier hat die Masse des Merkur aus der anziehenden Kraft berechnet, die der Planet auf die Nachbarplaneten Venus und Erde ausübt, und in dem ersteren Falle, abweichend von den im Humboldtschen Texte angegebenen Zahlen, gleich $\frac{1}{5{,}310000}$, in letzterem gleich $\frac{1}{4{,}360000}$ der Sonnenmasse gefunden. Beide Bestimmungen sind aber wegen der Kleinheit der ausgeübten Wirkungen erheblich unsicher. Dagegen ergab sich aus den Bewegungen des viel günstigere Bedingungen bietenden Enckeschen Kometen nach den neueren Berechnungen von Astens ein beträchtlich kleinerer Wert, nämlich $\frac{1}{7{,}636440}$ der Sonnenmasse, oder etwa $\frac{1}{23}$ der Masse der Erde. Die mittlere Dichtigkeit des Merkur ist hiernach 0,8 im Vergleich zur Erde, oder etwa 4½mal größer als die Dichtigkeit des Wassers bei 4° C. — [D. Herausg.]

[7] (S. 351.) „Der Ort der Venusbahn, in welchem der Planet uns in dem hellsten Lichte erscheinen kann, so daß er selbst mit unbewaffnetem Auge am Mittag zu sehen ist, liegt zwischen der unteren Konjunktion und der größten Digression, nahe bei der letzten, nahe dem Abstande von 40° von der Sonne, oder von dem Orte der unteren Konjunktion. Im Mittel erscheint Venus in ihrem schönsten Lichte, 40° östlich und westlich von der Sonne entfernt, wenn ihr scheinbarer Durchmesser, welcher in der unteren Konjunktion bis auf 66″ anwachsen kann, nur etwa 40″ hat, und wenn die größte Breite ihrer beleuchteten Phase kaum 10″ mißt. Die Erdnähe gibt dann der schmalen Lichtsichel ein so intensives Licht, daß sie in der Abwesenheit der Sonne Schatten wirft. Ob Kopernikus die Notwendigkeit einer künftigen Entdeckung von Venusphasen vorherverkündigt hat, wie in Smiths Optics, Sect. 1050, und in vielen anderen Schriften wiederholt behauptet

wird, ist neuerlichst durch Professor de Morgans genauere Untersuchung von dem Werke De Revolutionibus, wie es auf uns gekommen, überaus zweifelhaft geworden.

[8] (S. 351.) Le Verrier fand die Masse der Venus aus seiner Untersuchung der Erdbewegung zu $\frac{1}{400246}$, aus der Marstheorie zu $\frac{1}{412150}$ der Sonnenmasse, mithin nahe gleich $^4/_5$ der Erdmasse. Die mittlere Dichtigkeit der Venus ist daher ein wenig ($^1/_5$) geringer als die der Erde. — [D. Herausg.]

[9] (S. 352.) Das Resultat von Bianchini ist verteidigt worden von Hussey und Flaugergues; auch Hansen, dessen Autorität mit Recht so groß ist, hielt es bis 1836 für das wahrscheinlichere.

[10] (S. 352.) Arago über die Lilienthaler merkwürdige Beobachtung des 12. August 1790 im Annuaire pour 1842, p. 539. („Ce qui favorise aussi la probabilité de l'existence d'une atmosphère qui enveloppe Vénus, c'est le résultat optique obtenu par l'emploi d'une lunette prismatique. L'intensité de la lumière de l'intérieur du croissant est sensiblement plus faible que celle des points situés dans la partie circulaire du disque de la planète.“ Arago, Handschriften von 1847.)

[11] (S. 352.) Der sogenannte Venusmond, den Fontana, Dominikus Cassini und Short wollen erkannt haben, für den Lambert Tafeln berechnete, und der in Crefeld volle drei Stunden nach dem Austritt der Venus in dem Mittelpunkt der Sonnenscheibe soll gesehen worden sein, gehört zu den astronomischen Mythen einer unkritischen Zeit.

[12] (S. 353.) Der von Humboldt angegebene Wert hat lange als sehr genau gegolten, bis in den letzten Dezennien aus anderen astronomischen Erscheinungen, sowie aus der Theorie der Planetenbewegung mit steigender Sicherheit auf eine geringere Entfernung der Erde von der Sonne geschlossen werden mußte. Man nimmt sie gegenwärtig im Mittel zu 148½ Mill. km an, gegenüber den fast 149 Mill. km, welche die frühere Ziffer darstellt. — [D. Herausg.]

[13] (S. 353.) Nach den neuesten Berechnungen von Clarke im Juni 1878 beträgt der Aequatorialhalbmesser der Erde 63781,9 km, ihr Polarhalbmesser 63564,55 km. — [D. Herausg.]

[14] (S. 354.) „La lumière de la lune est jaune, tandis que celle de Vénus est blanche. Pendant le jour la lune paraît blanche, parce qu'à la lumière du disque lunaire se mêle la lumière bleue de cette partie de l'atmosphère que la lumière jaune de la lune traverse.“ Arago in Handschr. von 1847. Die am meisten brechbaren Farben im Spektrum, von Blau bis Violett ergänzen sich, Weiß zu bilden, mit den weniger brechbaren, von Rot bis Grün.

[15] (S. 355.) Merkwürdig genug hat es mir immer geschienen,

daß von den frühesten Zeiten her, wo Wärme nur durch das Gefühl bestimmt wurde, der Mond zuerst die Idee erregt hat, daß Licht und Wärme getrennt gefunden werden könnten. Bei den Indern heißt im Sanskrit der Mond als König der Sterne der kalte (sîtala, hima), auch der kaltstrahlende (himân'su), während die Sonne mit ihren Strahlenhänden ein Schöpfer der Wärme (nidâghakara) heißt. Die Flecken des Mondes, in denen westliche Völker ein Gesicht zu erkennen glauben, stellen nach indischer Ansicht ein Reh oder einen Hasen vor, daher die Sanskritnamen des Mondes Rehträger (mrigadhara, oder Hasenträger ('sa'sabhrit). Bei den Griechen wird geklagt, „daß das Sonnenlicht, von dem Monde reflektiert, alle Wärme verliere, so daß uns nur schwache Reste davon überkommen". In Macrobius heißt es: „Luna speculi instar lumen quo illustratur .... rursus emittit, nullum tamen ad nos perferentem sensum caloris: quia lucis radius, cum ad nos de origine sua, id est de Sole, pervenit, naturam secum ignis de quo nascitur devehit; cum vero in lunae corpus infunditur et inde resplendet, solam refundit claritatem, non calorem."

[16] (S. 355.) S. Lambert, Sur la lumière cendrée de la Lune in den Mém. de l'Acad. de Berlin, Année 1773, p. 46: „La Terre, vue des planètes, pourra paroître d'une lumière verdâtre, à peu près comme Mars nous paroît d'une couleur rougeâtre." Wir wollen darum nicht mit dem scharfsinnigen Manne die Vermutung aufstellen, daß der Planet Mars mit einer roten Vegetation, wie mit rosenroten Gebüschen der Bougainvillaea bedeckt sei. — „Wenn in Mitteleuropa der Mond kurz vor dem Neumonde in den Morgenstunden am Osthimmel steht, so erhält er das Erdlicht hauptsächlich von den großen Plateauflächen Asiens und Afrikas. Steht der Mond aber nach dem Neumonde abends in Westen, so kann er nur den Reflex von dem schmäleren amerikanischen Kontinent und hauptsächlich von dem weiten Ozean in geringerer Menge empfangen." Wilhelm Beer und Mädler, Der Mond nach seinen kosmischen Verhältnissen § 106, S. 152.

[17] (S. 355.) Séance de l'Academie des Sciences le 5 août 1833: „Mr. Arago signale la comparaison de l'intensité lumineuse de la portion de la lune que les rayons solaires éclairent directement, avec celle de la partie du même astre qui reçoit seulement les rayons réfléchis par la terre. Il croit d'après les expériences qu'il a déjà tentées à cet égard, qu'on pourra, avec des instruments perfectionnés, saisir dans la *lumière cendrée* les différences de l'éclat plus ou moins nuageux de l'atmosphère de notre globe. Il n'est donc pas impossible, malgré tout ce qu'un pareil résultat exciterait de surprise au premier coup d'oeil, qu'un jour les météorologistes aillent puiser dans l'aspect de la lune des notions précieuses

sur *l'état moyen* de diaphanité de l'atmosphère terrestre, dans les hémisphères qui successivement concourent à la production de la lumière cendrée."

[18] (S. 356.) „On conçoit que la vivacité de la lumière rouge ne dépend pas uniquement de l'état de l'atmosphère, qui réfracte, plus ou moins affaiblis, les rayons solaires, en les infléchissant dans le cône d'ombre; mais qu'elle est modifiée surtout par la transparence variable de la partie de l'atmosphère à travers laquelle nous apercevons la lune éclipsée. Sous les Tropiques, une grande sérénité du ciel, une dissémination uniforme des vapeurs diminuent l'extinction de la lumière que le disque lunaire nous renvoie." Humboldt, Voyage aux Régions équinoxiales T. III, p. 544 und Recueil d'Observ. astronomiques Vol. II, p. 145. (Arago bemerkt: „Les rayons solaires arrivent à notre satellite par l'effet d'une réfraction et à la suite d'une absorption dans les couches les plus basses de l'atmosphère terrestre; pourraient-ils avoir une autre teinte que le rouge?" Annuaire pour 1842, p. 528.)

[19] (S. 356.) Babinet erklärt die Rötung für eine Folge der Diffraktion in einer Notiz über den verschiedenen Anteil des weißen, blauen und roten Lichtes, welches sich bei der Inflexion erzeugt: „La lumière diffractée qui pénètre dans l'ombre de la terre, prédomine toujours et même a été seule sensible. Elle est d'autant plus rouge ou orangée qu'elle se trouve plus près du centre de l'ombre géométrique; car ce sont les rayons les moins réfrangibles qui se propagent le plus abondamment par diffraction, à mesure qu'on s'éloigne de la propagation en ligne droite." Die Phänomene der Diffraktion finden, nach den scharfsinnigen Untersuchungen von Magnus (bei Gelegenheit einer Diskussion zwischen Airy und Faraday), auch im luftleeren Raume statt.

[20] (S. 357.) Plutarch, Moral. ed. Wyttenb. T. IV, p. 780—783: „Die feurige, kohlenartig glimmende (ἀνθρακοειδής) Farbe des verfinsterten Mondes (um die Mitternachtsstunde) ist, wie die Mathematiker behaupten, schon des Wechsels wegen von Schwarz in Rot und Bläulich, keinesweges als eine der erdigen Oberfläche des Planeten eigentümliche Beschaffenheit zu betrachten." Auch Dio Cassius, der sich ausführlich mit den Mondfinsternissen überhaupt, und mit merkwürdigen Edikten des Kaisers Claudius, welche die Dimension des verfinsterten Teiles vorherverkündigten, viel beschäftigt, macht auf die so verschiedene Färbung des Mondes während der Konjunktion aufmerksam. „Groß," sagt er, „ward die Verwirrung im Lager des Vitellius bei der in derselben Nacht eintretenden Finsternis. Doch nicht sowohl die Finsternis an sich, obgleich sie bei mangelnder Geistesruhe unglückbedeutend erscheinen kann, als vielmehr der Umstand, daß der Mond

in blutroter, schwarzer und anderen traurigen Farben spielte, erfüllte die Seele mit bangen Besorgnissen."

[21] (S. 357.) Die so oft angeführte, von dem besseren oder schlechteren Erkennen kleiner Oberflächengestaltungen hergenommene Beweis der Wirklichkeit einer Mondluft, und „der in den Thälern umherziehenden Mondnebel" ist der unhaltbarste von allen, wegen der stets wechselnden Beschaffenheit (Verdunkelung und Erhellung) der oberen Schichten unserer eigenen Atmosphäre. Betrachtungen über die Gestalt des einen Mondhornes bei der Sonnenfinsternis am 5. September 1793 hatten William Herschel auch schon gegen die Annahme einer Mondatmosphäre entscheiden lassen.

[22] (S. 357.) Sir John Herschel macht aufmerksam auf den Eintritt von solchen Doppelsternen, die wegen zu großer Nähe der Individuen, aus denen sie bestehen, nicht im Fernrohr getrennt werden können.

[23] (S. 358.) „Der wahrscheinliche Ursache der Irradiation ist ein durch das Licht erregter Reiz, welcher sich auf der Netzhaut ein wenig über den Umriß des Bildes fortpflanzt."

[24] (S. 358.) Arago in den Comptes rendus T. VIII, 1839, p. 713 und 883: „Les phénomènes d'irradiation signalés par Mr. Plateau sont regardés par Mr. Arago comme les effets des aberrations de réfrangibilité et de sphéricité de l'oeil, combinés avec l'indistinction de la vision, conséquence de circonstances dans lesquelles les observateurs se sont placés. Des mesures exactes prises sur des disques noirs à fond blanc et des disques blancs à fond noir, qui étaient placés au Palais du Luxembourg, visibles à l'Observatoire, n'ont pas indiqué les effets de l'irradiation."

[25] (S. 358.) Der Schatten des Athos, welchen auch der Reisende Pierre Belon gesehen, traf die eherne Kuh auf dem Marktplatze der Stadt Myrine auf Lemnos.

[26] (S. 358.) Es bedarf kaum einer Erinnerung, daß alles, was die Topographie der Mondfläche betrifft, aus dem vortrefflichen Werke meiner beiden Freunde entlehnt ist, von denen der erste, Wilhelm Beer, uns nur zu früh entrissen wurde. Zur leichteren Orientierung ist das schöne Uebersichtsblatt zu empfehlen, welches Mädler 1837, also drei Jahre nach der großen, aus vier Blättern bestehenden Mondkarte herausgegeben hat.

[27] (S. 358.) Plut., De facie in orbe Lunae p. 726 bis 729, Wyttenb. Diese Stelle ist zugleich nicht ohne Interesse für die alte Geographie. (Nach einer sehr merkwürdigen Stelle des Plutarch in dem Leben des Nicias Kap. 42 hat Anaxagoras selbst, der „den bergreichen Mond eine andere Erde" nennt, eine Zeichnung der Mondscheibe entworfen. — Ich war einst sehr verwundert, einen sehr gebildeten Perser aus Ispahan, welcher gewiß nie ein griechisches Buch gelesen hatte, als ich ihm in Paris die Mond-

flecken in einem großen Fernrohr zeigte, die im Text erwähnte Hypothese des Agesianax von Spiegelung als eine in seinem Vaterlande viel verbreitete anführen zu hören. „Was wir dort im Monde sehen," sagte der Perser, „sind wir selbst; es ist die Karte unserer Erde." Einer der Interlokutoren des Plutarchischen Mondgespräches würde sich nicht anders ausgedrückt haben. — Wenn auf dem luft- und wasserleeren Monde Menschen als Bewohner gedacht werden könnten, so würde sich ihnen an dem fast schwarzen Tageshimmel in 14mal größerer Fläche, als die ist, welche uns der Vollmond zuwendet, die rotierende Erde mit ihren Flecken gleich einer Weltkarte und zwar immer an derselben Stelle darbieten. Die stets wechselnden Verdeckungen und Trübungen unserer Atmosphäre würden aber dem geographischen Studium etwas hinderlich sein und die Umrisse der Kontinente verwischen.

[28] (S. 361.) Höchster Gipfel des Himalaya und (bisher!) der ganzen Erde, Kinchin-junga, nach Waughs neuerer Messung (8587 m) 4406 Toisen oder 28 178 englische Fuß (1,16 einer geogr. Meile); höchster Gipfel der Mondberge nach Mädler 3800 Toisen = 7401 m (genau eine geogr. Meile); Durchmesser des Mondes 454, der der Erde 1718 geogr. Meilen, woraus folgt für den Mond $\frac{1}{454}$, für die Erde $\frac{1}{4181}$.

[29] (S. 363.) Robert Hooke, Micrographia 1667, Obs. LX, p. 242—246: „These seem to me to have been the effects of some motions within the body of the Moon, analogous to our Earthquakes, by the eruption of which, as it has thrown up a brim or ridge round about, higher than the ambient surface of the Moon, so has it left a hole or depression in the middle, proportionably lower." Hooke sagt von seinem Versuche mit boyling alabaster, daß „presently ceasing to boyl, the whole surface will appear all over covered with small pits, exactly shap'd like these of the Moon. — The earthy part of the Moon has been undermin'd or heav'd up by eruptions of vapours, and thrown into the same kind of figured holes as the powder of Alabaster. It is not improbable also, that there may be generated, within the body of the Moon, divers such kind of internal fires and heats, as may produce exhalations."

[30] (S. 363.) Ptolemäus hat 24 (178 km), Alfons und Hipparch haben 19 Meilen (141 km) Durchmesser.

[31] (S. 363.) Im Einklang mit dem Ergebnis neuerer experimenteller Forschungen kann man die eigentümlichen Oberflächenbildungen des Mondes, wie sie uns in den sogenannten Kratern entgegentreten, als Blasenbildungen bezeichnen, die durch das Entweichen innerer Gase verursacht wurden. Die Natur der wenigsten dieser Gebilde hat etwas mit derjenigen unserer Krater gemein. — [D. Herausg.]

[32] (S. 364.) Eine Ausnahme sollen machen Arzachel und Herkules; der erste mit einem Krater im Gipfel, der zweite mit einem Seitenkrater. Diese geognostisch-wichtigen Punkte verdienen neue Untersuchung mit vollkommneren Instrumenten. Von Lavaströmen, die sich in tiefen Punkten anhäufen, ist bisher nie etwas erkannt worden. Die Strahlen, welche vom Aristoteles nach drei Richtungen ausgehen, sind Hügelketten.

[33] (S. 364.) Einer ähnlichen Täuschung wie die vermeintlichen und sichtbaren vulkanischen Ausbrüche im Monde gehören an, nach neueren, gründlicheren Untersuchungen, die beobachteten temporären Veränderungen auf der Oberfläche des Mondes (Entstehung neuer Centralberge und Krater im Mare Crisium, in Hevelius und Cleomedes). — Die Frage, welches die kleinsten Gegenstände seien, deren Höhe oder Ausdehnung bei dem jetzigen Zustande der angewandten Instrumente noch gemessen werden können, ist im allgemeinen schwer zu beantworten. Nach dem Berichte des Dr. Robinson über das herrliche Spiegelteleskop von Lord Rosse erkennt man darin mit großer Klarheit Ausdehnungen von 220 Fuß (80 bis 90 Yard = 73 bis 82 m). Mädler rechnet, daß in seinen Beobachtungen noch Schatten von drei Sekunden meßbar waren, was, unter gewissen Voraussetzungen über die Lage eines Berges und die Höhe des Sonnenstandes, einer Berghöhe von 120 Fuß (39 m) zugehören würde. Er macht aber zugleich darauf aufmerksam, daß der Schatten eine gehörige Breite haben müsse, um sichtbar und meßbar zu sein. Der Schatten der großen Pyramide des Cheops würde, nach den bekannten Dimensionen (Flächenausdehnungen) dieses Monumentes, selbst im Anfangspunkte kaum 1/9 Sekunde breit und also unsichtbar sein. Arago erinnert, daß mit einer Vergrößerung von 6000mal, die ohnedies nicht mit verhältnismäßigem Erfolge auf den Mond anzuwenden wäre, die Mondberge uns ungefähr ebenso erscheinen würden, als mit bloßem Auge der Montblanc vom Genfer See aus.

[34] (S. 364.) Die Rillen sind nicht häufig, höchstens 30 Meilen (220 km) lang; bisweilen gegabelt (Gassendi), selten aderartig (Triesnecker), immer leuchtend, nicht quer über Gebirge hinlaufend, nur den ebeneren Landschaften eigen; an den Endpunkten durch nichts ausgezeichnet, ohne breiter oder schmäler zu werden. [Gegenwärtig kennt man 400—500 solcher Rillen; über das eigentliche Wesen derselben ist man noch nicht recht im klaren, wenn man sie sich nicht etwa als gewaltige Risse im Boden betrachten darf. — D. Herausg.]

[35] (S. 365.) Laplaces Betrachtungen (ich möchte sie nicht Vorschläge nennen) zu einem perpetuierlichen Mondscheine haben von Liouville eine Widerlegung gefunden. „Quelques partisans des causes finales," sagt Laplace, „ont imaginé que la lune a été donnée à la terre pour l'éclairer pendant les nuits; dans ce cas, la nature n'aurait point atteint le but qu'elle se serait

proposé, puisque nous sommes souvent privés à la fois de la lumière du soleil et de celle de la lune. Pour y parvenir, il eût suffi de mettre à l'origine la lune en opposition avec le soleil dans le plan même de l'écliptique, à une distance égale à la centième partie de la distance de la terre au soleil, et de donner à la lune et à la terre des vitesses parallèles et proportionnelles à leurs distances à cet astre. Alors la lune, sans cesse en opposition au soleil, eût décrit autour de lui une ellipse semblable à celle de la terre; ces deux astres se seraient succédé l'un à l'autre sur l'horizon; et comme à cette distance la lune n'eût point été éclipsée, sa lumière aurait certainement remplacé celle du soleil.“ Liouville findet dagegen: „Que, si la lune avait occupé à l'origine la position particulière que l'illustre auteur de la *Mécanique céleste* lui assigne, elle n'aurait pu s'y maintenir que pendant un temps très court.“

[36] (S. 365.) Sir John Herschel hält es „für sehr wahrscheinlich, daß auf dem Monde eine sehr hohe Temperatur herrsche (weit über dem Siedepunkt des Wassers), da die Oberfläche 14 Tage lang ununterbrochen und ungemildert der Sonnenwirkung ausgesetzt sei. Der Mond müsse daher in der Opposition oder wenige Tage nachher in einem kleinen Maße (in some small degree) eine Wärmequelle für die Erde werden; aber diese Wärme, von einem Körper ausströmend, der weit unter der Temperatur eines brennenden Körpers sei (below the temperature of ignition), könne nicht die Erdfläche erreichen, indem sie in den oberen Schichten unseres Luftkreises absorbiert und verbraucht werde, wo sie sichtbares Gewölk in durchsichtigen Dampf verwandele." Die Erscheinung der schnellen Wolkenzerstreuung durch den Vollmond bei nicht übermäßiger Wolkenbedeckung wird von Sir John Herschel „als eine meteorologische Thatsache" betrachtet, „die (setzt er hinzu) von Humboldts eigener Erfahrung und dem sehr allgemeinen Glauben spanischer Seefahrer in den amerikanischen Tropenmeeren bekräftigt sei".

[37] (S. 365.) Die erste und beträchtliche Verbesserung der Rotationszeit, welche Dominik Cassini 24^{h} 40′ gefunden, war die Folge mühevoller Beobachtungen von William Herschel (zwischen 1777 und 1781), welche 24^{h} 39′ 21,7″ gaben. Kunowsky fand 1821 24^{h} 36′ 40″, sehr nahe dem Mädlerschen Resultate. Cassinis älteste Beobachtung der Rotation eines Marsfleckens scheint bald nach dem Jahre 1670 gewesen zu sein; aber in der sehr seltenen Abhandlung: Kern, Diss. de scintillatione stellarum, Wittemb. 1686, § 8, finde ich als die eigentlichen Entdecker der Mars- und Jupitersrotationen angeführt: „Salvator Serra und den Pater Aegidius Franciscus de Cottiguez, Astronomen des Collegio Romano.“

[38] (S. 365.) Der aus der Bewegung der beiden Marssatelliten

abgeleitete Wert beträgt nach Hall $\frac{1}{3093500}$ der Sonnenmasse oder etwa $\frac{1}{10}$ der Masse der Erde, und hiernach die Dichtigkeit des Mars bloß 0,71 jener Erde. [D. Herausg.]

[39] (S. 366.) Schröters sehr unvollkommene Messungen der Durchmesser der Planeten gaben dem Mars eine Abplattung von nur $\frac{1}{80}$.

[40] (S. 366.) Aus den Messungen von Main folgt der Betrag der Marsabplattung zu $\frac{1}{49}$; Hartwig fand $\frac{1}{78}$, Kaiser nur $\frac{1}{110}$, und die Beobachtungen Bessels ergaben gar keinen Unterschied zwischen den in verschiedenen Richtungen gemessenen Durchmessern. Jedenfalls liegt der wahre Wert der Abplattung hart an der Grenze des mit unseren gegenwärtigen Mitteln Meßbarem, auch hat man auf theoretischem Wege sie nur zu $\frac{1}{200}$ gefunden. [D. Herausg.]

[41] (S. 366.) Die Marsatmosphäre ist heute fast zur Gewißheit erhoben. Bemerkt sei auch noch, daß im August 1877 die wissenschaftliche Welt durch die Nachricht überrascht wurde, wonach Asaph Hall mit dem mächtigen Teleskope der Washingtoner Sternwarte zwei Satelliten des bis dahin für mondlos gehaltenen Mars entdeckt habe. Hinsichtlich ihres Volumens gehören diese Marsmonde wohl zu den kleinsten Körpern unseres Sonnensystems, denn ihre Durchmesser ergeben sich zu noch nicht 10 km. [D. Herausg.]

[42] (S. 367.) Der bittere Tadel, welchen man gegen einen hochgeachteten Philosophen ausgesprochen, „weil er zu einer Zeit, in der er Piazzis Entdeckung allerdings seit fünf Monaten hätte kennen können, sie aber nicht kannte, nicht sowohl die Wahrscheinlichkeit als vielmehr nur die Notwendigkeit leugnete, daß ein Planet zwischen Mars und Jupiter liege", scheint mir wenig gerecht. Hegel in seiner im Frühjahr und Sommer 1801 ausgearbeiteten Dissertatio de Orbitis Planetarum behandelt die Ideen der Alten von dem Abstande der Planeten; und indem er die Reihung anführt, von der Plato im Timäus (pag. 35 Steph.) spricht: 1 . 2 . 3 . 4 . 9 . 8 . 27 . . . ., leugnet er die Notwendigkeit einer Kluft. Er sagt bloß: „Quae series *si verior naturae ordo sit* quam arithmetica progressio, inter quartum et quintum locum magnum esse spatium, neque ibi planetam desiderari apparet." — Kant in seiner geistreichen Naturgeschichte des Himmels, 1755, äußert bloß, daß bei der Bildung der Planeten Jupiter durch seine ungeheure Anziehungskraft an der Kleinheit des Mars schuld sei. Er erwähnt nur einmal und auf eine sehr unbestimmte Weise „der Glieder des Sonnensystems, die weit voneinander abstehen und zwischen denen man die Zwischenteile noch nicht entdeckt hat".

[43] (S. 370.) Herr Daniel Kirkwood (von der Pottsville Academy) hat geglaubt, das Unternehmen wagen zu dürfen, den

geplatzten Urplaneten nach Art der urweltlichen Tiere aus fragmentarischen Ueberresten wieder herzustellen. Er findet demselben einen Durchmesser größer als Mars (von mehr als 1080 geographischen Meilen = 8000 km), und die langsamste aller Rotationen eines Hauptplaneten, eine Tageslänge von 57½ Stunden.

44 (S. 370.) Nach Kaiser ist der äquatoriale Durchmesser des Jupiter bloß 140700 km, der polare 132400 km. [D. Herausg.]

45 (S. 370.) Der Umlauf um die Sonne erfolgt nach neueren Berechnungen in 11 Jahren 317 Tagen 14 Stunden. [D. Herausg.]

46 (S. 371.) Aeltere und unsichere Beobachtungen gaben sogar $\frac{1}{24}$. Laplace findet theoretisch bei zunehmender Dichte der Schichten zwischen $\frac{1}{24}$ und $\frac{5}{48}$.

47 (S. 370.) Newtons unsterbliches Werk Philosophiae Naturalis Principia mathematica erschien schon im Mai 1687, und die Schriften der Pariser Akademie enthalten die Anzeige von Cassinis Bestimmung der Abplattung $\left(\frac{1}{15}\right)$ erst im Jahre 1691, so daß Newton, der allerdings die Pendelversuche zu Cayenne von Richer aus der 1679 gedruckten Reise kennen konnte, die Gestalt des Jupiter durch mündlichen Verkehr und die damals so regsame briefliche Korrespondenz muß erfahren haben.

48 (S. 372.) „On sait qu'il existe au-dessus et au-dessous de l'équateur de Jupiter deux bandes moins brillantes que la surface générale. Si on les examine avec une lunette, elles paraissent moins distinctes à mesure qu'elles s'éloignent du centre, et même elles deviennent tout-à-fait invisibles près des bords de la planète. Toutes ces apparences s'expliquent en admettant l'existence d'une atmosphère de nuages interrompue aux environs de l'équateur par une zone diaphane, produite peut-être par les vents alisés. L'atmosphère de nuages réfléchissant plus de lumière que le corps solide de Jupiter, les parties de ce corps que l'on verra à travers la zone diaphane, auront moins d'éclat que le reste et formeront les bandes obscures. A mesure qu'on s'éloignera du centre, le rayon visuel de l'observateur traversera des épaisseurs de plus en plus grandes de la zone diaphane, en sorte qu'à la lumière réfléchie par le corps solide de la planète s'ajoutera la lumière réfléchie par cette zone plus épaisse. Les bandes seront par cette raison moins obscures en s'éloignant du centre. Enfin aux bords mêmes la lumière réfléchie par la zone vue dans la plus grande épaisseur pourra faire disparaître la différence d'intensité qui existe entre les quantités de lumière réfléchie par la planète et par l'atmosphère de nuages; on cessera alors d'apercevoir les bandes qui n'existent qu'en vertu de cette différence. — On observe dans les pays de montagnes quelque chose d'analogue: quand on se trouve près d'une forêt de sapin, elle paraît noire; mais à mesure qu'on s'en

éloigne, les couches d'atmosphère interposées deviennent de plus en plus épaisses et réfléchissent de la lumière. La différence de teinte entre la forêt et les objets voisins diminue de plus en plus, elle finit par se confondre avec eux, si l'on s'en éloigne d'une distance convenable.“ (Aus Aragos Vorträgen über Astronomie 1841.)

[49] (S. 374.) Die neueren Untersuchungen über Saturn haben zu folgenden Ergebnissen geführt: Seine Entfernung von der Sonne schwankt wegen der Exzentrizität seiner Bahn (1/18) zwischen 1330 und 1490 Mill. km. Seine Bahn ist gegen die Ekliptik 2° 30′ geneigt. Einen ganzen Umlauf um die Sonne vollendet Saturn erst in 29 Jahren 174 Tagen. Seine Abplattung beträgt $\frac{1}{9,2}$, sein wahrer Durchmesser am Aequator 118300, der polare 105500 km. Die Materie des Saturn ist ungemein locker, ihre Dichte nur 0,13 der mittleren Dichte der Erde. Die Rotation fand Asaph Hall (1876) zu 10^h 18′ 23,8″. [D. Herausg.]

[50] (S. 374.) Die frühesten, sorgfältigsten Beobachtungen von William Herschel im November 1793 gaben für die Rotation des Saturn 10^h 16′ 44″. Mit Unrecht ist dem großen Weltweisen Immanuel Kant zugeschrieben worden, er habe in seiner geistreichen Allgemeinen Naturgeschichte des Himmels 40 Jahre vor Herschel nach theoretischen Betrachtungen die Rotationszeit des Saturn erraten. Die Zahl, die er angibt, ist 6^h 23′ 53″. Er nennt seine Bestimmung „die mathematische Berechnung einer unbekannten Bewegung eines Himmelskörpers, welche vielleicht die einzige Vorherverkündigung ihrer Art in der eigentlichen Naturlehre ist und von den Beobachtungen künftiger Zeiten die Bestätigung erwartet“. Diese Bestätigung des Geahneten ist gar nicht eingetroffen; Beobachtungen haben einen Irrtum von 2/5 des Ganzen, d. i. von vier Stunden, offenbart. Von dem Ringe des Saturn wird in derselben Schrift gesagt, daß „in der Anhäufung von Teilchen, welche ihn bilden, die des inwendigen Randes ihren Lauf in zehn Stunden, die des auswendigen Randes ihn in fünfzehn Stunden verrichten“. Die erste dieser Ringzahlen steht allein der beobachteten Rotationszeit des Planeten (10^h 29′ 17″) zufällig nahe.

[51] (S. 374.) Laplace schätzt die Abplattung $\frac{1}{11}$. Die sonderbare Abweichung des Saturn von der sphäroidalen Figur, nach welcher William Herschel durch eine Reihe mühevoller, und noch dazu mit sehr verschiedenen Fernröhren angestellter Beobachtungen die größte Achse des Planeten nicht im Aequator selbst, sondern in einem den Aequatorialdurchmesser unter einem Winkel von ungefähr 45° schneidenden Durchmesser fand, ist durch Bessel nicht bestätigt, sondern irrig befunden worden.

[52] (S. 375.) Auch dieser Unterschied der Lichtintensität des äußeren und inneren Ringes ist bereits von Dominikus Cassini angegeben worden.

[53] (S. 375.) Die Veröffentlichung der Entdeckung oder vielmehr der vollständigen Erklärung aller Erscheinungen, welche Saturn und sein Ring darbieten, geschah erst vier Jahre später, im Jahre 1659, im Systema Saturnium.

[54] (S. 376.) Solche bergartige Unebenheiten hat neuerlichst wieder Lassell in Liverpool in einem selbstfabrizierten 20füßigen Spiegelteleskop erkannt.

[55] (S. 376.) Nach unserem heutigen Wissen von den Saturnringen steht es fest, daß sie nicht selbstleuchtend sind, sondern ihr Licht von der Sonne empfangen. Die schmale Kante des Ringsystems ist kaum mehr als 200 km breit. Tisserands neue, auf die Bewegung des innersten Saturnmondes Mimas gegründete Berechnung der Masse der Ringe hat zu dem erheblich kleineren Werte von $\frac{1}{620}$ geführt, wonach die mittlere Dicke der Ringe nicht viel mehr als 40 km betrüge. Nach Cl. Maxwells auf theoretischem Wege begründeter Ansicht ist weder ein fester noch ein flüssiger Zustand der Ringe aus mechanischen Motiven zulässig, vielmehr ist die wahrscheinlichste Annahme die, daß der Ring aus einer Unmenge getrennter fester oder flüssiger Teilchen bestehe, die regellos zerstreut oder auch in einzelnen Ringen zusammengeschart, mit einer ihrer Entfernung vom Planeten entsprechenden Geschwindigkeit ihn umkreisen. [D. Herausg.]

[56] (S. 376.) Man liest in den Actis Eruditorum pro anno 1684, p. 424 als Auszug aus dem Systema phaenomenorum Saturni autore Galletio, proposito eccl. Avenionensis: „Nonnunquam corpus Saturni *non exacte annuli medium* obtinere visum fuit. Hinc evenit, ut, quum planeta orientalis est, centrum ejus extremitati orientali annuli propius videatur, et major pars ab occidentali latere sit cum ampliore obscuritate.“

[57] (S. 378.) Die neuesten Angaben über Uranus lauten: Umlaufszeit 84 Jahre 28 Tage, Exzentrizität seiner Bahn 0,045, Entfernung von der Sonne im Aphel 2980, im Perihel 2716 Mill. km. Wahrer Durchmesser 50 000 km. Masse $\frac{1}{22600}$ der Sonne, Dichte 0,24 der Erde. Ueber die Rotationsdauer herrscht völlige Ungewißheit. Abplattung nach Mädler ungefähr $\frac{1}{10}$, was aber angezweifelt wird. [D. Herausg.]

[58] (S. 379.) Nach unserer heutigen Kenntnis reduziert sich die Zahl der Uranustrabanten auf nur vier. [D. Herausg.]

[59] (S. 381.) Die Entfernung Neptuns von der Sonne schwankt zwischen 4413 und 4493 Mill. km. Umlaufszeit 164 Jahre 321 Tage, Exzentrizität 0,009, Masse nach Newcomb $\frac{1}{19380}$ der Sonnenmasse. Ueber Neptuns physische Beschaffenheit, Rotation u. s. w. wissen wir absolut nichts. Er hat einen Trabanten. [D. Herausg.]

[60] (S. 381.) Das sehr wichtige Element der Masse des

Neptun ist allmählich gewachsen von $\frac{1}{20897}$ nach Adams, $\frac{1}{19840}$ nach Peirce, $\frac{1}{19400}$ nach Bond und $\frac{1}{18780}$ nach John Herschel, $\frac{1}{15480}$ nach Lassell, auf $\frac{1}{14449}$ nach Otto und August Struve. Das letzte Pulkowaer Resultat ist in den Text aufgenommen worden.

[61] (S. 382.) Le Verrier, von Arago dazu aufgefordert, fing im Sommer 1845 an, die Uranustheorie zu bearbeiten. Die Ergebnisse seiner Untersuchung legte er dem Institut am 10. November 1845, am 1. Juni, 31. August und 5. Oktober 1846 vor, und veröffentlichte zugleich dieselben; die größte und wichtigste Arbeit le Verriers, welche die Auflösung des ganzen Problems enthält, erschien aber in der Connaissance des temps pour l'an 1849. Adams legte, ohne etwas dem Druck zu übergeben, die ersten Resultate, die er für den störenden Planeten erhalten hatte, im September des Jahres 1845 dem Professor Challis, und mit einiger Abänderung im Oktober desselben Jahres dem Astronomer royal vor. Der letztere empfing mit neuen Korrektionen, welche sich auf eine Verminderung des Abstandes bezogen, die letzten Resultate von Adams im Anfange des Septembers 1846. Der junge Geometer von Cambridge drückt sich über die chronologische Folge von Arbeiten, welche auf einen und denselben großen Zweck gerichtet waren, mit so viel edler Bescheidenheit als Selbstverleugnung aus: „I mention these earlier dates merely to show, that my results were arrived at independently and previously to the publication of M. le Verrier, and not with the intention of interfering with his just claims to the honors of the discovery; for there is no doubt that his researches were first published to the world, and led to the actual discovery of the planet by Dr. Galle: so that the facts stated above cannot detract, in the slightest degree, from the credit due to M. le Verrier.“

Da in der Geschichte der Entdeckung des Neptun oft von einem Anteil geredet worden ist, welchen der große Königsberger Astronom früh an der schon von Alexis Bouvard (dem Verfasser der Uranustafeln) im Jahre 1834 geäußerten Hoffnung „von der Störung des Uranus durch einen uns noch unbekannten Planeten" genommen habe, so ist es vielleicht vielen Lesern des Kosmos angenehm, wenn ich hier einen Teil des Briefes veröffentliche, welchen Bessel mir unter dem 8. Mai 1840 (also zwei Jahre vor seinem Gespräche mit Sir John Herschel bei dem Besuche zu Collingwood) geschrieben hat: „Sie verlangen Nachricht von dem Planeten jenseits des Uranus. Ich könnte wohl auf Freunde in Königsberg verweisen, die aus Mißverständnis mehr davon zu wissen glauben als ich selbst. Ich hatte die Entwickelung des Zusammenhanges zwischen den astronomischen Beobachtungen und der Astronomie zum Gegenstande einer (am 28. Februar 1840 gehaltenen) öffentlichen Vorlesung gewählt. Das Publikum weiß keinen Unterschied zwischen beiden;

seine Ansicht war also zu berichtigen. Die Nachweisung der Entwickelung der astronomischen Kenntnisse aus den Beobachtungen führte natürlich auf die Bemerkung, daß wir noch keineswegs behaupten können, unsere Theorie erkläre alle Bewegungen der Planeten. Die Beweise davon gab der Uranus, dessen alte Beobachtungen gar nicht in Elemente passen, welche sich an die späteren von 1783 bis 1820 anschließen. Ich glaube Ihnen schon einmal gesagt zu haben, daß ich viel hierüber gearbeitet habe, allein dadurch nicht weiter gekommen bin, als zu der Sicherheit, daß die vorhandene Theorie, oder vielmehr ihre Anwendung auf das in unserer Kenntnis vorhandene Sonnensystem, nicht hinreicht, das Rätsel des Uranus zu lösen. Indessen darf man es deshalb, meiner Meinung nach, nicht als unauflösbar betrachten. Zuerst müssen wir genau und vollständig wissen, was von dem Uranus beobachtet ist. Ich habe durch einen meiner jungen Zuhörer, Flemming, alle Beobachtungen reduzieren und vergleichen lassen; und damit liegen mir nun die vorhandenen Thatsachen vollständig vor. So wie die alten Beobachtungen nicht in die Theorie passen, so passen die neueren noch weniger hinein; denn jetzt ist der Fehler schon wieder eine ganze Minute, und wächst jährlich um 7″ bis 8″, so daß er bald viel größer sein wird. Ich meinte daher, daß eine Zeit kommen werde, wo man die Auflösung des Rätsels vielleicht in einem neuen Planeten finden werde, dessen Elemente aus ihren Wirkungen auf den Uranus erkannt und durch die auf den Saturn bestätigt werden könnten. Daß diese Zeit schon vorhanden sei, bin ich weit entfernt gewesen zu sagen, allein versuchen werde ich jetzt, wie weit die vorhandenen Thatsachen führen können. Es ist dieses eine Arbeit, die mich seit so vielen Jahren begleitet und derentwegen ich so viele verschiedene Ansichten verfolgt habe, daß ihr Ende mich vorzüglich reizt und daher so bald als irgend möglich herbeigeführt werden wird. Ich habe großes Zutrauen zu Flemming, der in Danzig, wohin er berufen ist, dieselbe Reduktion der Beobachtungen, welche er jetzt für Uranus gemacht hat, für Saturn und Jupiter fortsetzen wird. Glücklich ist es, meiner Ansicht nach, daß er (für jetzt) kein Mittel der Beobachtung hat und zu keinen Vorlesungen verpflichtet ist. Es wird auch ihm wohl eine Zeit kommen, wo er Beobachtungen eines bestimmten Zweckes wegen anstellen muß; dann soll es ihm nicht mehr an den Mitteln dazu fehlen, so wenig ihm jetzt schon die Geschicklichkeit fehlt."

[62] (S. 382.) Der erste Brief, in welchem Lassell die Entdeckung ankündigte, war vom 6. August 1847.

[63] (S. 382.) Aus den Beobachtungen von Pulkowa berechnete August Struve in Dorpat die Bahn des ersten Neptunstrabanten.

III.

Die Kometen.

Die Kometen, welche Xenokrates und Theon der Alexandriner Lichtgewölke nennen, die nach überkommenem altem chaldäischen Glauben Apollonius der Myndier „aus großer Ferne auf langer (geregelter) Bahn periodisch aufsteigen" läßt, bilden im Sonnengebiet, der Anziehungskraft des Centralkörpers unterworfen, doch eine eigene, abgesonderte Gruppe von Weltkörpern. Sie unterscheiden sich von den eigentlichen Planeten nicht bloß durch ihre Exzentrizität und, was noch wesentlicher ist, durch das Durchschneiden der Planetenkreise, sie bieten auch eine Veränderlichkeit der Gestaltung, eine Wandelbarkeit der Umrisse dar, welche bei einigen Individuen (z. B. an dem von Heinsius so genau beschriebenen Klinkenbergischen Kometen von 1744 und am Halleyschen Kometen in der letzten Erscheinung vom Jahre 1835) schon in wenigen Stunden bemerkbar geworden ist. Als noch nicht durch Encke unser Sonnensystem mit inneren von den Planetenbahnen eingeschlossenen, Kometen kurzer Umlaufszeit bereichert worden war, leiteten dogmatische, auf falsche Analogieen gegründete Träume über die mit dem Abstande von der Sonne gesetzlich zunehmende Exzentrizität, Größe und Undichtigkeit der Planeten auf die Ansicht, daß man jenseits des Saturn exzentrische planetarische Weltkörper von ungeheurem Volum entdecken werde, „welche Mittelstufen von Planeten und Kometen bilden, ja daß der letzte, äußerste Planet schon ein Komet genannt zu werden verdiene, weil er vielleicht die Bahn des ihm nächsten, vorletzten Planeten, des Saturn, durchschneide".[1] Eine solche Ansicht der Verkettung der Gestalten im Weltbau, analog der oft gemißbrauchten Lehre von dem Uebergange in den organischen Wesen, teilte Immanuel Kant, einer der größten Geister des 18. Jahrhunderts. Zu

zwei Epochen, 26 und 91 Jahre nachdem die Naturgeschichte des Himmels von dem Königsberger Philosophen dem großen Friedrich zugeeignet ward, sind Uranus und Neptun von William Herschel und Galle aufgefunden worden, aber beide Planeten haben eine geringere Exzentrizität als Saturn, ja wenn die des letzteren 0,056 ist, so besitzt dagegen der äußerste aller uns jetzt bekannten Planeten, Neptun, die Exzentrizität 0,008, fast der der sonnennahen Venus (0,006) gleich. Uranus und Neptun zeigen dazu nichts von den verkündigten kometischen Eigenschaften.

Als in der uns näheren Zeit allmählich (seit 1819) fünf innere Kometen dem von Encke folgten, und gleichsam eine eigene Gruppe bildeten, deren halbe große Achse der von den kleinen Planeten der Mehrzahl nach ähnlich ist, wurde die Frage aufgeworfen, ob die Gruppe der inneren Kometen nicht ursprünglich ebenso einen einzigen Weltkörper bildete wie nach der Hypothese von Olbers die kleinen Planeten, ob der große Komet sich nicht durch Einwirkung des Mars in mehrere geteilt habe, wie eine solche Teilung als Bipartition gleichsam unter den Augen der Beobachter im Jahre 1846 bei der letzten Wiederkehr des inneren Kometen von Biela vorgegangen ist. Gewisse Aehnlichkeiten der Elemente haben den Professor Stephen Alexander (von dem College of New Jersey) zu Untersuchungen veranlaßt [2] über die Möglichkeit eines gemeinsamen Ursprunges der Asteroiden zwischen Mars und Jupiter mit einigen oder gar allen Kometen. Auf die Gründe der Analogie, welche von den Nebelhüllen der Asteroiden hergenommen sind, muß nach allen genaueren neueren Beobachtungen Verzicht geleistet werden. Die Bahnen der kleinen Planeten sind zwar auch einander nicht parallel, sie bieten in der Pallas allerdings die Erscheinung einer übergroßen Neigung der Bahn dar; aber bei allem Mangel des Parallelismus unter ihren eigenen Bahnen durchschneiden sie doch nicht kometenartig irgend eine der Bahnen der großen alten, d. h. früher entdeckten Planeten. Dieser, bei jeglicher Annahme einer primitiven Wurfrichtung und Wurfgeschwindigkeit überaus wesentliche Umstand scheint außer der Verschiedenheit in der physischen Konstitution der inneren Kometen und der ganz dunstlosen kleinen Planeten die Gleichheit der Entstehung beider Arten von Weltkörpern sehr unwahrscheinlich zu machen. Auch hat Laplace in seiner Theorie planetarischer Genesis aus um die Sonne kreisenden Dunstringen, in welchen sich

die Materie um Kerne ballt, die Kometen ganz von Planeten trennen zu müssen geglaubt: „Dans l'hypothèse de zones de vapeurs et d'un noyau s'accroissant par la condensation de l'atmosphère qui l'environne, les comètes sont étrangères au système planétaire.“

Wir haben bereits in dem Naturgemälde darauf aufmerksam gemacht, wie die Kometen bei der kleinsten Masse den größten Raum im Sonnengebiete ausfüllen, auch nach der Zahl der Individuen (die Wahrscheinlichkeitsrechnung, gegründet auf gleichmäßige Verteilung der Bahnen, Grenzen, der Sonnennähe und der Möglichkeit des Unsichtbarbleibens, führt auf die Existenz vieler Tausende von ihnen) übertreffen sie alle anderen planetarischen Weltkörper. Wir nehmen vorsichtig die Aerolithen oder Meteorasteroiden aus, da ihre Natur noch in großes Dunkel gehüllt bleibt. Man muß unter den Kometen die unterscheiden, deren Bahn von den Astronomen berechnet worden ist, und solche, von denen teils nur unvollständige Beobachtungen, teils bloße Andeutungen in den Chroniken vorhanden sind. Da nach Galles letzter genauer Aufzählung 178 bis zum Jahre 1847 berechnet wurden, so kann man mit den bloß angedeuteten wohl wieder als Totalzahl bei der Annahme von sechs- bis siebenhundert gesehenen Kometen beharren.[3] Als der von Halley verkündigte Komet von 1682 im Jahre 1759 wieder erschien, hielt man es für etwas sehr Auffallendes, daß in demselben Jahre drei Kometen sichtbar wurden. Jetzt ist die Lebhaftigkeit der Erforschung des Himmelsgewölbes gleichzeitig an vielen Punkten der Erde so groß, daß 1819, 1825 und 1840 in jedem Jahre vier, 1825 fünf, ja 1846 acht erschienen und berechnet wurden.

An mit unbewaffnetem Auge gesehenen Kometen ist die letzte Zeit wiederum reicher als das Ende des vorigen Jahrhunderts gewesen, aber unter ihnen bleiben die von großem Glanze im Kopf und Schweif auch ihrer Seltenheit wegen immer eine merkwürdige Naturerscheinung. Es ist nicht ohne Interesse, aufzuzählen, wieviel dem bloßen Auge sichtbare Kometen in Europa während der letzten Jahrhunderte[4] sich gezeigt haben. Die reichste Epoche war das 16. Jahrhundert mit 23 solchen Kometen. Das 17. zählte 12, und zwar nur zwei in seiner ersten Hälfte. Im 18. Jahrhundert erschienen bloß 8, aber 9 allein in den ersten 50 Jahren des 19. Jahrhunderts. Unter diesen waren die schönsten die von 1807,

1811, 1819, 1835 und 1843.[5] In früheren Zeiten sind mehrmals 30 bis 40 Jahre verflossen, ohne daß man ein einziges Mal solches Schauspiel genießen konnte. Die scheinbar kometenarmen Jahre mögen indessen doch reich an großen Kometen sein, deren Perihel jenseits der Bahnen des Jupiter und Saturn liegt. Der teleskopischen Kometen werden jetzt im Durchschnitt in jedem Jahre wenigstens 2 bis 3 entdeckt. In drei aufeinander folgenden Monaten hat (1840) Galle 3 neue Kometen, von 1764 bis 1798 Messier 12, von 1801 bis 1827 Pons 27 gefunden. So scheint sich Keplers Ausspruch über die Menge der Kometen im Weltraum (ut pisces in Oceano) zu bewähren.

Von nicht geringer Wichtigkeit ist die so sorgfältig aufgezeichnete Liste der in China erschienenen Kometen, welche Eduard Biot aus der Sammlung von Ma-tuan-lin bekannt gemacht hat. Sie reicht bis über die Gründung der ionischen Schule des Thales und des lydischen Alyattes hinaus, und begreift in zwei Abschnitten den Ort der Kometen von 613 Jahren vor unserer Zeitrechnung bis 1222 nach derselben, und dann von 1222 bis 1644, die Periode, in welcher die Dynastie der Ming herrschte. Ich wiederhole hier (s. Kosmos Bd. I, S. 268, Anm. 12), daß, während man Kometen von der Mitte des 3. bis Ende des 14. Jahrhunderts nach ausschließlich chinesischen Beobachtungen hat berechnen müssen, die Berechnung des Halleyschen Kometen bei seinem Erscheinen im Jahre 1456 die erste Kometenberechnung war nach den ausschließlich europäischen Beobachtungen, und zwar nach denen des Regiomontanus. Diesen letzteren folgten abermals bei einem Wiedererscheinen des Halleyschen Kometen die sehr genauen des Apianus zu Ingolstadt im August des Jahres 1531. In die Zwischenzeit fällt (Mai 1500) ein durch afrikanische und brasilische Entdeckungsreisen berühmt gewordener, prachtvoll glänzender Komet,[6] der in Italien Signor astone, die große Asta, genannt wurde. In den chinesischen Beobachtungen hat, durch Gleichheit der Elemente, Laugier eine siebente Erscheinung des Halleyschen Kometen (die von 1378) erkannt, sowie auch der von Galle am 6. März entdeckte dritte Komet von 1840 mit dem von 1097 identisch zu sein scheint. Auch die Mexikaner knüpften in ihren Jahrbüchern Begebenheiten an Kometen und andere Himmelsbeobachtungen. Ich habe den Kometen von 1490, welchen ich in der mexikanischen Handschrift von le Tellier aufgefunden und in meinen

Monuments des peuples indigènes de l'Amérique habe abbilden lassen, sonderbar genug, nur in dem chinesischen Kometenregister als im Dezember desselben Jahres beobachtet erkannt.[7] Die Mexikaner hatten ihn in ihre Register eingetragen 28 Jahre früher als Cortes an den Küsten von Veracruz (Chalchiuhcuecan) zum erstenmal erschien.

Von der Gestaltung, der Form-, Licht- und Farbenänderung der Kometen, den Ausströmungen am Kopfe, welche zurückgebeugt[8] den Schweif bilden, habe ich nach den Beobachtungen von Heinsius (1744), Bessel, Struve und Sir John Herschel umständlich im Naturgemälde (Kosmos Bd. I, S. 73 bis 77) gehandelt. Außer dem prachtvollen Kometen von 1843, der in Chihuahua (Nordwestamerika) von Bowring von 9 Uhr morgens bis Sonnenuntergang wie ein kleines weißes Gewölk, in Parma von Amici am vollen Mittag 1° 23′ östlich von der Sonne[9] gesehen werden konnte, ist auch in der neuesten Zeit der von Hind in der Gegend von Capella entdeckte erste Komet des Jahres 1847 am Tage des Perihels zu London nahe bei der Sonne sichtbar gewesen.

Zur Erläuterung dessen, was oben von der Bemerkung chinesischer Astronomen bei Gelegenheit ihrer Beobachtung des Kometen vom Monat März 837, zur Zeit der Dynastie Thang, gesagt worden ist, schalte ich hier, aus dem Ma-tuan-lin übersetzt, die wörtliche Angabe des Richtungsgesetzes des Schweifes ein. Es heißt dasselbe: „Im allgemeinen ist bei einem Kometen, welcher östlich von der Sonne steht, der Schweif, von dem Kern an gerechnet, gegen Osten gerichtet; erscheint aber der Komet im Westen der Sonne, so dreht sich der Schweif gegen Westen.“ Fracastoro und Apianus sagten bestimmter und noch richtiger: „Daß eine Linie in der Richtung der Achse des Schweifes, durch den Kopf des Kometen verlängert, das Centrum der Sonne trifft.“ Die Worte des Seneca (Nat. Quaest. VII, 20): „Die Kometenschweife fliehen vor den Sonnenstrahlen“ sind auch bezeichnend. Während unter den bis jetzt bekannten Planeten und Kometen sich in den, von der halben großen Achse abhängenden Umlaufszeiten die kürzesten zu den längsten bei den Planeten wie 1 : 683 verhalten, ergibt sich bei den Kometen das Verhältnis wie 1 : 2670. Es ist Merkur (87,97 ^{T}) mit Neptun (60126,7 ^{T}), und der Komet von Encke (3,3 Jahre) mit dem von Gottfried Kirch zu Koburg, Newton und Halley beobachteten Kometen von 1680 (8814 Jahre) verglichen. Die Entfernung

des unserem Sonnensysteme nächsten Fixsternes (α Centauri) von dem, in einer vortrefflichen Abhandlung von Encke bestimmten Aphel (Punkt der Sonnenferne) des zuletzt genannten Kometen, die geringe Geschwindigkeit seines Laufes (10 Fuß = 3,25 m in der Sekunde) in diesem äußersten Teile seiner Bahn, die größte Nähe, in welche der Lexell-Burckhardtsche Komet von 1770 der Erde (auf 6 Mondfernen), der Komet von 1680 (und noch mehr der von 1843) der Sonne gekommen sind, habe ich im Kosmos (Bd. I, S. 80 bis 81 und Bd. III, S. 260 bis 261) bereits abgehandelt. Der zweite Komet des Jahres 1819, welcher in beträchtlicher Größe plötzlich in Europa aus den Sonnenstrahlen heraustrat, ist seinen Elementen zufolge am 26. Juni (leider ungesehen!) vor der Sonnenscheibe vorübergegangen.[10] Eben dies muß der Fall gewesen sein mit dem Kometen von 1823, welcher außer dem gewöhnlichen, von der Sonne abgekehrten, auch einen anderen, der Sonne gerade zugewandten Schweif zeigte. Haben die Schweife beider Kometen eine beträchtliche Länge gehabt, so müssen dunstartige Teile derselben, wie gewiß öfters geschehen, sich mit unserer Atmosphäre gemischt haben. Es ist die Frage aufgeworfen worden, ob die wundersamen Nebel von 1783 und 1831, welche einen großen Teil unseres Kontinents bedeckten, Folge einer solchen Vermischung gewesen sind?

Während die Quantität der strahlenden Wärme, welche die Kometen von 1680 und 1843 in so großer Sonnennähe empfingen, mit der Fokaltemperatur eines 32zölligen Brennspiegels verglichen wird, will ein mir lange befreundeter, hochverdienter Astronom, daß „alle Kometen ohne festen Kern (wegen ihrer übermäßig geringen Dichtigkeit) keine Sonnenwärme, sondern nur die Temperatur des Weltraumes haben“. Erwägt man die vielen und auffallenden Analogieen der Erscheinungen, welche nach Meloni und Forbes leuchtende und dunkle Wärmequellen darbieten, so scheint es schwer, bei dem dermaligen Zustande unserer physikalischen Gedankenverbindungen nicht in der Sonne selbst Prozesse anzunehmen, welche gleichzeitig durch Aetherschwingungen (Wellen verschiedener Länge) strahlendes Licht und strahlende Wärme erzeugen. Der angeblichen Verfinsterung des Mondes durch einen Kometen im Jahre 1454, welche der erste Uebersetzer des byzantinischen Schriftstellers Georg Phranza, der Jesuit Pontanus, in einer Münchener Handschrift glaubte aufgefunden zu haben, ist lange

in vielen astronomischen Schriften gedacht worden. Dieser Durchgang eines Kometen zwischen Erde und Mond im Jahre 1454 ist ebenso irrig als der von Lichtenberg behauptete des Kometen von 1770. Das Chronikon des Phranza ist vollständig zum erstenmal zu Wien 1796 erschienen, und es heißt ausdrücklich darin, daß im Weltjahre 6962, während daß sich eine Mondfinsternis ereignete, ganz auf die gewöhnliche Weise nach der Ordnung und der Kreisbahn der himmlischen Lichter ein Komet, einem Nebel ähnlich, erschien und dem Monde nahe kam. Das Weltjahr (= 1450) ist irrig, da Phranza bestimmt sagt, die Mondfinsternis und der Komet seien nach der Einnahme von Konstantinopel (19. Mai 1453) gesehen worden, und eine Mondfinsternis wirklich am 12. Mai 1454 eintraf. (S. Jacobs in Zachs monatl. Korresp. Bd. XXIII, 1811, S. 196 bis 202.)

Das Verhältnis des Lexellschen Kometen zu den Jupitersmonden, die Störungen, die er durch sie erlitten, ohne auf ihre Umlaufszeiten einzuwirken (Kosmos Bd. I, S. 81), sind von le Verrier genauer untersucht worden. Messier entdeckte diesen merkwürdigen Kometen als einen schwachen Nebelfleck im Schützen am 14. Juni 1770, aber 8 Tage später leuchtete sein Kern schon als ein Stern zweiter Größe. Vor dem Perihel war kein Schweif sichtbar, nach demselben entwickelte sich derselbe durch geringe Ausströmungen kaum bis 1° Länge. Lexell fand seinem Kometen eine elliptische Bahn und die Umlaufszeit von 5,585 Jahren, was Burckhardt in seiner vortrefflichen Preisschrift von 1806 bestätigte. Nach Clausen hat er sich (den 1. Juli 1770) bis auf 363 Erdhalbmesser (311 000 geogr. Meilen = 2 307 756 km oder 6 Mondfernen) der Erde genähert. Daß der Komet nicht früher (März 1776) und nicht später (Oktober 1781) gesehen wurde, ist, nach Lexells früherer Vermutung, von Laplace in dem 4. Bande des Mécanique céleste durch Störung von seiten des Jupitersystems bei den Annäherungen in den beiden Jahren 1767 und 1779 analytisch dargethan worden. Le Verrier findet, daß nach einer Hypothese über die Bahn des Kometen derselbe 1779 durch die Kreise der Satelliten durchgegangen sei, nach einer anderen von dem 4. Satelliten nach außen weit entfernt blieb.

Der Molekularzustand des so selten begrenzten Kopfes oder Kernes wie der des Schweifes der Kometen ist um so

rätselhafter, als derselbe keine Strahlenbrechung veranlaßt, und als durch Aragos wichtige Entdeckung (Kosmos Bd. I, S. 77 und 270, Anm. 27—30) in dem Kometenlichte ein Anteil von polarisiertem, also von reflektiertem Sonnenlichte erwiesen wird. Wenn die kleinsten Sterne durch die dunstartigen Ausströmungen des Schweifes, ja fast durch das Centrum des Kernes selbst, oder wenigstens in größter Nähe des Centrums, in ungeschwächtem Glanze gesehen werden („per Cometem non aliter quam per nubem ulteriora cernuntur“, Seneca, Nat. Quaest. VII, 18), so zeigt dagegen die Analyse des Kometenlichtes in Aragos Versuchen, denen ich beigewohnt, daß die Dunsthüllen trotz ihrer Zartheit fremdes Licht zurückzuwerfen fähig sind,[11] daß diese Weltkörper eine unvollkommene Durchsichtigkeit haben, da das Licht nicht ungehindert durch sie durchgeht. In einer so lockeren Nebelgruppe erregen die einzelnen Beispiele großer Lichtintensität, wie in dem Kometen von 1843, oder des sternartigen Leuchtens eines Kernes um so mehr Verwunderung, als man eine alleinige Zurückwerfung des Sonnenlichtes annimmt. Sollte aber in den Kometen nicht daneben auch ein eigener lichterzeugender Prozeß vorgehen?

Die ausströmenden, verdunstenden Teile aus Millionen Meilen langen, besenartigen, gefächerten Schweifen verbreiten sich in den Weltraum und bilden vielleicht entweder selbst das widerstandleistende, hemmende Fluidum, welches die Bahn des Enckeschen Kometen allmählich verengt, oder sie mischen sich mit dem alten Weltenstoffe, der sich nicht zu Himmelskörpern geballt, oder zu der Bildung des Ringes verdichtet hat, welcher uns als Tierkreislicht leuchtet. Wir sehen gleichsam vor unseren Augen materielle Teile verschwinden, und ahnen kaum, wo sie sich wiederum sammeln. So wahrscheinlich nun auch die Verdichtung einer den Weltraum füllenden gasartigen Flüssigkeit in der Nähe des Centralkörpers unseres Systemes ist, so kann bei den Kometen, deren Kern nach Valz sich in der Sonnennähe verkleinert, diese da verdichtete Flüssigkeit doch wohl nicht als auf eine blasenartige Dunsthülle drückend gedacht werden.[12] Wenn bei den Ausströmungen der Kometen die Umrisse der lichtreflektierenden Dunstteile gewöhnlich sehr unbestimmt sind, so ist es um so auffallender und für den Molekularzustand des Gestirnes um so lehrreicher, daß bei einzelnen Individuen (z. B. bei dem Halleyschen Kometen Ende Januar 1836 am Kap der guten

Hoffnung) eine Schärfe der Umrisse in dem parabolischen vorderen Teile des Körpers beobachtet worden ist, welche kaum eine unserer Haufenwolken uns je darbietet. Der berühmte Beobachter am Kap verglich den ungewohnten, von der Stärke gegenseitiger Anziehung der Teilchen zeugenden Anblick mit einem Alabastergefäß, das von innen stark erleuchtet ist.

Seit dem Erscheinen des astronomischen Teiles meines Naturgemäldes hat die Kometenwelt ein Ereignis dargeboten, dessen bloße Möglichkeit man wohl vorher kaum geahnt hatte. Der Bielasche Komet, ein innerer, von kurzer, $6^3/_5$jähriger Umlaufszeit, hat sich in zwei Kometen von ähnlicher Gestalt, doch ungleicher Dimension, beide mit Kopf und Schweif, geteilt. Sie haben sich, solange man sie beobachten konnte, nicht wieder vereinigt, und sind gesondert fast parallel miteinander fortgeschritten. Am 19. Dezember 1845 hatte Hind in dem ungeteilten Kometen schon eine Art Protuberanz gegen Norden bemerkt, aber am 21. war noch (nach Enckes Beobachtung in Berlin) von einer Trennung nichts zu sehen. Die schon erfolgte Trennung wurde in Nordamerika zuerst am 29. Dezember 1845, in Europa erst um die Mitte und das Ende Januar 1846 erkannt. Der neue, kleinere Komet ging nördlich voran. Der Abstand beider war anfangs 3, später (20. Februar) nach Otto Struves interessanter Zeichnung, 6 Minuten.[13] Die Lichtstärke wechselte, so daß der allmählich wachsende Nebenkomet eine Zeitlang den Hauptkometen an Lichtstärke übertraf. Die Nebelhüllen, welche jeden der Kerne umgaben, hatten keine bestimmten Umrisse, die des größeren Kometen zeigte sogar gegen SSW eine lichtschwache Anschwellung, aber der Himmelsraum zwischen den beiden Kometen wurde in Pulkowa ganz nebelfrei gesehen.[14] Einige Tage später hat Lieutenant Maury in Washington in einem 9zölligen Münchener Refraktor Strahlen bemerkt, welche der größere, ältere Komet dem kleineren, neueren zusandte, so daß wie eine brückenartige Verbindung eine Zeitlang entstand. Am 24. März war der kleinere Komet wegen zunehmender Lichtschwäche kaum noch zu erkennen. Man sah nur noch den größeren bis zum 16. bis 20. April, wo dann auch dieser verschwand. Ich habe diese wundersame Erscheinung in ihren Einzelheiten beschrieben, soweit dieselben haben beobachtet werden können. Leider ist der eigentliche Akt der Trennung und der kurz vorhergehende Zustand des älteren Kometen der

Beobachtung entgangen. Ist der abgetrennte Komet uns nur unsichtbar geworden wegen Entfernung und großer Lichtschwäche, oder hat er sich aufgelöst? Wird er als Begleiter wieder erkannt werden und wird der Bielasche Komet bei anderen Wiedererscheinungen ähnliche Anomalieen darbieten?

Die Entstehung eines neuen planetarischen Weltkörpers durch Teilung regt natürlich die Frage an, ob in der Unzahl um die Sonne kreisender Kometen nicht mehrere durch einen ähnlichen Prozeß entstanden sind oder noch täglich entstehen? Ob sie durch Retardation, d. h. ungleiche Geschwindigkeit im Umlauf und ungleiche Wirkung der Störungen nicht auf verschiedene Bahnen geraten können? In einer schon früher berührten Abhandlung von Stephen Alexander ist versucht worden, die Genesis der genannten inneren Kometen durch die Annahme einer solchen, wohl nicht genugsam begründeten Hypothese zu erklären. Auch im Altertum scheinen ähnliche Vorgänge beobachtet, aber nicht hinlänglich beschrieben worden zu sein. Seneca führt nach einem, wie er freilich selbst sagt, unzuverlässigen Zeugen an, daß der Komet, welcher des Unterganges der Städte Helice und Bura beschuldigt ward, sich in zwei Teile schied. Er setzt spöttisch hinzu: Warum hat niemand zwei Kometen sich zu einem vereinigen sehen?[15] Die chinesischen Astronomen reden von „drei gekuppelten Kometen", die im Jahre 896 erschienen und zusammen ihre Bahn durchliefen.

Unter der großen Zahl berechneter Kometen sind bisher acht bekannt, deren Umlaufszeit eine geringere Dauer als die Umlaufszeit des Neptun hat. Von diesen acht sind sechs innere Kometen, d. h. solche, deren Sonnenferne kleiner als ein Punkt in der Bahn des Neptun ist, nämlich die Kometen von Encke (Aphel 4,09), de Vico (5,02), Brorsen (5,64), Faye (5,93), Biela (6,19) und d'Arrest (6,44). Den Abstand der Erde von der Sonne = 1 gesetzt, haben die Bahnen aller dieser sechs inneren Kometen Aphele, die zwischen Hygiea (3,15) und einer Grenze liegen, welche fast um $1\frac{1}{4}$ Abstände der Erde von der Sonne jenseits Jupiter (5,20) liegt. Die zwei anderen Kometen, ebenfalls von geringerer Umlaufszeit als Neptun, sind der 74jährige Komet von Olbers und der 76jährige Komet von Halley. Diese beiden letzten waren bis zum Jahre 1819, in welchem Encke zuerst die Existenz eines inneren Kometen erkannte, unter den damals berechneten Kometen die von der

kürzesten Umlaufszeit. Der Olberssche Komet von 1815 und der Halleysche liegen nach der Entdeckung des Neptun in ihrer Sonnenferne nur 4 und $5^2/_5$ Abstände der Erde von der Sonne jenseits der Grenze, die sie als innere Kometen würde betrachten lassen. Wenn auch die Benennung innerer Komet mit der Entdeckung transneptunischer Planeten Aenderungen erleiden kann, da die Grenze, die einen Weltkörper zu einem inneren Kometen macht, veränderlich ist, so hat sie doch vor der Benennung Kometen kurzer Dauer den Vorzug, in jeder Epoche unseres Wissens von etwas Bestimmtem abhängig zu sein. Die jetzt sicher berechneten sechs inneren Kometen variieren allerdings in der Umlaufszeit nur von 3,3 bis 7,4 Jahre; aber wenn die 16jährige Wiederkehr des von Peters am 26. Juni 1846 zu Neapel entdeckten Kometen (des 6. Kometen des Jahres 1846, mit einer halben großen Achse von 6,32) sich bestätigte,[16] so ist vorherzusehen, daß sich allmählich in Hinsicht auf die Dauer der Umlaufszeit Zwischenglieder zwischen den Kometen von Faye und Olbers finden werden. Dann wird es in der Zukunft schwer sein, eine Grenze für die Kürze der Dauer zu bestimmen. Hier folgt die Tabelle (s. S. 410), in welcher Dr. Galle die Elemente der sechs inneren Kometen zusammengestellt hat.

Es folgt aus der hier gegebenen Uebersicht, daß seit der Erkennung des Enckeschen[17] Kometen als eines inneren im Jahre 1819 bis zur Entdeckung des inneren d'Arrestschen Kometen kaum 32 Jahre verflossen sind. Elliptische Elemente für den letztgenannten hat auch Yvon Villarceau in Schumachers Astron. Nachr. Nr. 773 gegeben und zugleich mit Valz einige Vermutungen über Identität mit dem von la Hire beobachteten und von Douwes berechneten Kometen von 1678 aufgestellt. Zwei andere Kometen, scheinbar auch von fünf- bis sechsjährigem Umlauf, sind der 3. von 1819, von Pons entdeckt und von Encke berechnet, und der 4. von 1819, von Blanpain aufgefunden und nach Clausen identisch mit dem 1. von 1743. Beide können aber noch nicht neben denen aufgeführt werden, welche durch längere Dauer und Genauigkeit der Beobachtungen eine größere Sicherheit und Vollständigkeit der Elemente darbieten.

Die Neigung der inneren Kometenbahnen gegen die Ekliptik ist im ganzen klein, zwischen 3° und 13°, nur die des Brorsenschen Kometen ist sehr beträchtlich und erreicht 31°.

Elemente der inneren Kometen, welche genauer berechnet sind.

	Encke	de Vico	Brorsen	d'Arrest	Biela	Faye
Durchgangszeit durch das Perihel . . .	1848 Nov. 26	1844 Sept. 2	1846 Febr. 25	1851 Juli 8	1846 Febr. 10	1843 Okt. 17
in mittlerer Pariser Zeit	2h 55′ 56″	11h 33′ 57″	9h 8′ 1″	16h 57′ 23″	23h 51′ 36″	3h 42′ 16″
Länge des Perihels	157° 47′ 8″	342° 30′ 55″	116° 28′ 15″	322° 59′ 46″	109° 2′ 20″	49° 34′ 19″
Länge des aufsteigenden Knotens	334 22 12	63 49 17	102 40 58	148 27 20	245 54 39	209 39 19
Neigung gegen die Ekliptik	13 8 36	2 54 50	30 55 53	13 56 12	12 34 53	11 22 31
Halbe große Achse	2,214814	3,102800	3,146494	3,461846	3,521522	3,811790
Perihel-Distanz	0,337032	1,186401	0,650103	1,173976	0,856448	1,692579
Aphel-Distanz	4,092595	5,019198	5,642884	5,749717	6,192596	5,931001
Exzentrizität	0,847828	0,617635	0,793388	0,660881	0,757003	0,555962
Umlaufszeit in Tagen	1204	1996	2039	2353	2417	2718
Umlaufszeit in Jahren	3,30	5,47	5,58	6,44	6,62	7,44
berechnet von	Encke, Astr. Nachr. XXVII, S. 113.	Brünnow, Gekrönte Preisschrift, Amst. 1849.	Brünnow, Astr. Nachr. XXIX, S. 377.	d'Arrest, Astr. Nachr. XXXIII, S. 125.	Plantamour, Astr. Nachr. XXV, S. 117.	le Verrier, Astr. Nachr. XXIII, S. 196.

Alle bisher entdeckten inneren Kometen haben, wie die Haupt- und Nebenplaneten des gesamten Sonnensystems, eine direkte oder rechtläufige Bewegung (von West nach Ost in ihren Bahnen fortschreitend). Sir John Herschel hat auf die größere Seltenheit rückläufiger Bewegung bei Kometen von geringerer Neigung gegen die Ekliptik aufmerksam gemacht. Diese entgegengesetzte Richtung der Bewegung, welche nur bei einer gewissen Klasse planetarischer Körper vorkommt, ist in Hinsicht auf die sehr allgemein herrschende Meinung über die Entstehung der zu einem Systeme gehörenden Weltkörper und über primitive Stoß- und Wurfkraft von großer Wichtigkeit. Sie zeigt uns die Kometenwelt, wenngleich auch in der weitesten Ferne, der Anziehung des Centralkörpers unterworfen, doch in größerer Individualität und Unabhängigkeit. Eine solche Betrachtung hat zu der Idee verleitet, die Kometen für älter[18] als alle Planeten, gleichsam für Urformen der sich locker ballenden Materie im Weltraume, zu halten. Es fragt sich dabei unter dieser Voraussetzung, ob nicht trotz der ungeheuren Entfernung des nächsten Fixsternes, dessen Parallaxe wir kennen, vom Aphel des Kometen von 1680 einige der Kometen, welche am Himmelsgewölbe erscheinen, nur Durchwanderer unseres Sonnensystemes sind, von einer Sonne zur anderen sich bewegend?

Ich lasse auf die Gruppe der Kometen, als mit vieler Wahrscheinlichkeit zum Sonnengebiete gehörig, den Ring des Tierkreislichtes folgen, und auf diesen die Schwärme der Meteorasteroiden, die bisweilen auf unsere Erde herabfallen und über deren Existenz als Körper im Weltraume noch keineswegs eine einstimmige Meinung herrscht. Da ich nach dem Vorgange von Chladni, Olbers, Laplace, Arago, John Herschel und Bessel die Aerolithen bestimmt für außerirdischen, kosmischen Ursprungs halte, so darf ich wohl am Schluß des Abschnittes über die Wandelsterne die zuversichtliche Erwartung aussprechen, daß durch fortgesetzte Genauigkeit in der Beobachtung der Aerolithen, Feuerkugeln und Sternschnuppen die entgegengesetzte Meinung ebenso verschwinden werde, als die bis zu dem 16. Jahrhundert allgemein verbreitete über den meteorischen Ursprung der Kometen es längst ist. Während diese Gestirne schon von der astrologischen Korporation der „Chaldäer in Babylon“, von einem großen Teile der pythagoreischen Schule und von Apollonius dem Myndier für zu bestimmten Zeiten in langen

planetarischen Bahnen wiederkehrende Weltkörper gehalten wurden, erklärten die mächtige antipythagoreische Schule des Aristoteles und der von Seneca bestrittene Epigenes die Kometen für Erzeugnisse meteorischer Prozesse in unserem Luftkreise.[19] Analoge Schwankungen zwischen kosmischen und tellurischen Hypothesen, zwischen dem Weltraume und der Atmosphäre führen endlich doch zu einer richtigen Ansicht der Naturerscheinungen zurück.

Anmerkungen.

[1] (S. 399.) „Vermittelst einer Reihe von Zwischengliedern," sagt Immanuel Kant, „werden jenseits Saturn sich die letzten Planeten nach und nach in Kometen verwandeln, und so die letztere Gattung mit der ersteren zusammenhängen. Das Gesetz, nach welchem die Exzentrizität der Planetenkreise sich im Verhältnis ihres Abstandes von der Sonne verhält, unterstützt diese Vermutung. Die Exzentrizität nimmt mit dem Abstande zu, und die entfernteren Planeten kommen dadurch der Bestimmung der Kometen näher. Der letzte Planet und erste Komet könnte derjenige genannt werden, welcher in seiner Sonnennähe den Kreis des ihm nächsten Planeten, vielleicht also des Saturn, durchschnitte. — Auch durch die Größe der planetarischen Massen, die mit der Entfernung (von der Sonne) zunehmen, wird unsere Theorie von der mechanischen Bildung der Himmelskörper klärlich erwiesen." Kant, Naturgeschichte des Himmels (1755) in den sämtlichen Werken T. IV, S. 88 und 195. Im Anfang des fünften Hauptstückes wird (S. 131) von der früheren kometenähnlichen Natur gesprochen, welche Saturn abgelegt habe.

[2] (S. 400.) Stephen Alexander unterscheidet mit Hind „the comets of short period, whose semi-axes are all nearly the same with those of the small planets between Mars and Jupiter; and the other class, including the comets whose mean distance or semi-axes is somewhat less than that of Uranus." Er schließt die erste Abhandlung mit dem Resultate: „Different facts and coincidences agree in indicating a near appulse if not an actual collision of Mars with a large comet in 1315 or 1316, that the comet was thereby broken into three parts, whose orbits (it may be presumed) received even then their present form; viz., that still presented by the comets of 1812, 1815 and 1846, which are fragments of the dissevered comet."

[3] (S. 401.) Seit Christi Geburt sind in runder Summe 500 Kometen mit bloßem Auge gesehen worden; zu diesen kommen nun noch seit Erfindung des Fernrohres etwa 200 teleskopische, deren große Mehrzahl, cirka 160, auf das gegenwärtige Jahrhundert entfällt. Wenn wir nun von der Zahl der beobachteten Kometen

auf die Zahl der vorhandenen schließen wollen, so gelangen wir je nach der der Schätzung zu Grunde gelegten Hypothese zu verschiedenen Werten, in jedem Fall aber zu einer außerordentlich großen Zahl. — [D. Herausg.]

[4] (S. 401.) In sieben halben Jahrhunderten, von 1500 bis 1850 sind zusammen 52, einzeln in der Reihenfolge von sieben gleichen Perioden: 13, 10, 2, 10, 4, 4 und 9, dem bloßen Auge sichtbare Kometen in Europa erschienen. Hier folgen die einzelnen Jahre:

1500 bis 1550	1550 bis 1560
13 Kom.	10 Kom.
1600 bis 1650	1650 bis 1700
1607	1652
1618	1664
2 Kom.	1665
	1668
	1672
	1680
	1682
	1686
	1689
	1696
	10 Kom.
	1750 bis 1800
1700 bis 1750	1759
1702	1766
1744	1769
1748 (2)	1789
4 Kom.	4 Kom.

1800 bis 1850
1807
1811
1819
1823
1830
1835
1843
1845
1847
9 Kom.

Als 23 im 16. Jahrhundert (dem Zeitalter von Apianus, Girolamo Fracastoro, dem Landgrafen Wilhelm IV. von Hessen, Mästlin und Tycho) erschienene, dem unbewaffneten Auge sichtbare Kometen sind hier aufgezählt worden: 10 von Pingré beschriebene, nämlich: 1500, 1505, 1506, 1512, 1514, 1516, 1518, 1521, 1522 und 1530; ferner die Kometen von 1531, 1532, 1533, 1556, 1558, 1569, 1577, 1580, 1582, 1585, 1590, 1593 und 1596.

[5] (S. 402.) Weiter sehr glänzende Kometenerscheinungen waren der Donatische Komet von 1858, der Komet von 1861, jener von 1880, welcher für identisch mit dem von 1843 gehalten wird; endlich der von 1882, der wohl der glänzendste Komet aller Zeiten gewesen sein mag. — [D. Herausg.]

[6] (S. 402.) Es ist der „bösartige" Komet, welchem in Sturm und Schiffbruch der Tod des berühmten portugiesischen Entdeckers Bartholomäus Diaz, als er mit Cabral von Brasilien nach dem Vorgebirge der guten Hoffnung segelte, zugeschrieben ward.

[7] (S. 403.) Die Mexikaner hatten auch eine sehr richtige Ansicht von der Ursache der Sonnenfinsternis. Dieselbe mexikanische Handschrift, wenigstens ein Vierteljahrhundert vor der Ankunft der Spanier angefertigt, bildet die Sonne ab, wie sie fast ganz von der Mondscheibe verdeckt wird und wie Sterne dabei sichtbar werden.

[8] (S. 403.) Diese Entstehung des Schweifes am vorderen Teile des Kometenkopfes, welche Bessel so viel beschäftigt hat, war schon Newtons und Winthrops Ansicht. Der Schweif, meint Newton, entwickele sich der Sonne nahe am stärksten und längsten, weil die Himmelsluft (was wir mit Encke das widerstehende Mittel nennen) dort am dichtesten sei, und die particulae caudae, stark erwärmt, von der dichteren Himmelsluft getragen, leichter aufsteigen. Winthrop glaubt, daß der Haupteffekt erst etwas nach dem Perihel eintrete, weil nach dem von Newton festgestellten Gesetze überall (bei periodischer Wärmeveränderung, wie bei der Meeresflut) die Maxima sich verspäten.

[9] (S. 403.) Wegen physiognomischer Aehnlichkeiten, deren Unsicherheit aber schon Seneca entwickelt hat, wurde der Komet von 1843 anfänglich für identisch mit dem Kometen von 1668 und 1689 gehalten. Boguslawski glaubt dagegen, daß seine früheren Erscheinungen bei einem Umlauf von 147 Jahren die von 1695, 1548 und 1401 waren; ja er nennt ihn den Kometen des Aristoteles, „weil er ihn bis in das Jahr 371 vor unserer Zeitrechnung zurückführt, und ihn mit dem talentvollen Hellenisten Thiersch in München für einen Kometen hält, dessen in den Meteorologicis des Aristoteles Buch I, Kap. 6 Erwähnung geschieht". Ich erinnere aber, daß der Name Komet des Aristoteles vieldeutig und unbestimmt ist. Wird der gemeint, welchen Aristoteles im Orion verschwinden läßt und mit dem Erdbeben in Achaja in Verbindung setzt, so muß man nicht vergessen, daß dieser Komet von Kallisthenes vor, von Diodor nach, und von Aristoteles zur Zeit des Erdbebens angegeben wird. Das sechste und achte Kapitel der Meteorologie handeln von vier Kometen, deren Epochen der Erscheinung durch Archonten zu Athen und durch unheilbringende Begebenheiten bezeichnet werden. Es ist daselbst der Reihe nach gedacht: des westlichen Kometen, welcher bei dem großen, mit Ueberschwemmungen verbundenen Erdbeben von Achaja erschien; dann des Kometen unter dem Archonten

Eukles, Sohn des Molon; später kommt der Stagirite wieder auf den westlichen Kometen, den des großen Erdbebens, zurück, und nennt dabei den Archonten Asteus, ein Name, den unrichtige Lesarten in Aristäus verwandelt haben, und den Pingré deshalb in der Cométographie mit Aristhenes oder Alkisthenes fälschlich für eine Person hält. Der Glanz dieses Kometen des Asteus verbreitete sich über den dritten Teil des Himmelsgewölbes; der Schweif, welchen man den Weg (ὁδός) nannte, war also 60° lang. Er reichte bis in die Gegend des Orion, wo er sich auflöste. In Kap. 7, 9 wird des Kometen gedacht, welcher gleichzeitig mit dem berühmten Aerolithenfall bei Aegos Potamoi erschien, und wohl nicht eine Verwechselung mit der von Damachos beschriebenen, 70 Tage lang leuchtenden und Sternschnuppen sprühenden Aerolithenwolke sein kann. Endlich nennt Aristoteles noch Kap. 7, 10 einen Kometen unter dem Archonten Nikomachus, welchem ein Sturm bei Korinth zugeschrieben ward. Diese vier Kometenerscheinungen fallen in die lange Periode von 32 Olympiaden, nämlich der Aerolithenfall nach der Parischen Chronik Ol. 78, 1 (468 ante Chr.), unter den Archonten Theagenides; der große Komet des Asteus, welcher zur Zeit des Erdbebens von Achaja erschien und im Sternbild des Orion verschwand, in Ol. 101, 4 (373 a. Chr.); Eukles, Sohn des Molon, von Diodor fälschlich Euklides genannt, in Ol. 88, 2 (427 a. Chr.), wie auch der Kommentar des Johannes Philoponos bestätigt; der Komet des Nikomachus in Ol. 109, 4 (341 a. Chr.). Bei Plinius II, 25 wird für die jubae effigies mutata in hastam Ol. 108 angegeben. Mit dem unmittelbaren Anknüpfen des Kometen des Asteus (Ol. 101, 4) an das Erdbeben in Achaja stimmt auch Seneca überein, indem derselbe des Unterganges von Bura und Helike, welche Städte Aristoteles nicht ausdrücklich nennt, folgendermaßen erwähnt: „Effigiem ignis longi fuisse, Callisthenes tradit, antequam Burin et Helicen mare absconderet. Aristoteles ait, non trabem illam, sed Cometam fuisse.“ (Seneca, Nat. Quaest. VII, 5). Strabo setzt den Untergang der zwei oft genannten Städte zwei Jahre vor der Schlacht von Leuktra, woraus sich wieder Ol. 101, 4 ergibt. Nachdem endlich Diodor von Sizilien dieselbe Begebenheit als unter dem Archonten Asteus vorgefallen umständlicher beschrieben hat, setzt er den glänzenden, schattenwerfenden Kometen unter den Archonten Alkisthenes, ein Jahr später, Ol. 102, 1 (372 a. Chr.), und als Vorboten des Unterganges der Herrschaft der Lakedämonier; aber der spätere Diodor hat die Gewohnheit, eine Begebenheit aus einem Jahre in das andere zu verschieben, und für die Epoche des Asteus, vor dem Alkisthenes, sprechen die ältesten und sichersten Zeugen, Aristoteles und die Parische Chronik. Da nun für den herrlichen Kometen von 1843 die Annahme eines Umlaufes von 147¾ Jahren Boguslawski durch 1695, 1548, 1401 und 1106 auf das Jahr 371

vor unserer Zeitrechnung führt, so stimmt damit der Komet des Erdbebens von Achaja nach Aristoteles bis auf zwei, nach Diodor bis auf ein Jahr überein, was, wenn man von der Aehnlichkeit der Bahn etwas wissen könnte, bei wahrscheinlichen Störungen in einer Periode von 1214 Jahren freilich ein sehr geringer Fehler ist. Wenn Pingré in der Cométographie sich auf Diodor und den Archonten Alkisthenes statt Asteus stützend, den in Frage stehenden Kometen im Orion in Ol. 102. und doch in den Anfang Juli 371 vor Christus statt 372 setzt, so liegt der Grund wohl darin, daß er wie einige Astronomen das erste Jahr vor der christlichen Zeitrechnung mit Anno 0 bezeichnet. Es ist schließlich zu bemerken, daß Sir John Herschel für den bei hellem Tage nahe an der Sonne gesehenen Kometen von 1843 eine ganz andere Umlaufszeit und zwar von 175 Jahren annimmt, was auf die Jahre 1668, 1493 und 1318 führt. Andere Kombinationen von Peirce und Clausen leiten gar auf Umlaufszeiten von 21⁴/₅ oder 7¹/₅ Jahren. — Beweis genug, wie gewagt es ist, den Kometen von 1843 auf den Archonten Asteus zurückzuführen. Die Erwähnung eines Kometen unter dem Archonten Nikomachus in den Meteorol., lib. I, cap. 7, 10 gewährt wenigstens den Vorteil, uns zu lehren, daß dieses Werk geschrieben wurde, als Aristoteles wenigstens 44 Jahre alt war. Auffallend hat es mir immer geschienen, daß der große Mann, da er zur Zeit des Erdbebens von Achaja und der Erscheinung des großen Kometen im Orion, mit einem Schweif von 60° Länge, schon 14 Jahre alt war, mit so wenig Lebendigkeit von einem so glänzenden Gegenstande spricht, und sich begnügt, ihn unter die Kometen zu zählen, „die zu seiner Zeit gesehen wurden“. Die Verwunderung steigt, wenn man in demselben Kapitel erwähnt findet, er habe etwas Neblichtes, ja eine schwache Mähne (κόμη), um einen Fixstern in dem Hüftbein des Hundes (vielleicht Prokyon im kleinen Hunde) mit eigenen Augen gesehen. Auch spricht Aristoteles von seiner Beobachtung der Bedeckung eines Sternes in den Zwillingen durch die Scheibe des Jupiter. Was die dunstige Mähne oder Nebelumhüllung des Prokyon (?) betrifft, so erinnert sie mich an eine Erscheinung, von der mehrmals in den altmexikanischen Reichsannalen nach dem Codex Tellerianus die Rede ist. „Dieses Jahr,“ heißt es darin, „dampfte (rauchte) wieder Citlalcholoa,“ der Planet Venus, auch Tlazoteotl im Aztekischen genannt, wahrscheinlich am griechischen wie am mexikanischen Himmel ein Phänomen atmosphärischer Strahlenbrechung, die Erscheinung kleiner Sternhöfe (halones).

[10] (S. 404.) Die kurz vorher im Text angeführte Abhandlung, die wahren Elemente des Kometen von 1680 enthaltend, vernichtet Halleys phantastische Idee, nach welcher derselbe bei einem vorausgesetzten Umlaufe von 575 Jahren zu allen großen Epochen der Menschengeschichte, zur Zeit der Sintflut nach hebräischen Sagen, im Zeitalter des Ogyges nach griechischen Sagen, im troja=

nischen Kriege, bei der Zerstörung von Ninive, bei dem Tode von Julius Cäsar u. s. w. erschienen sei. Die Umlaufszeit ergibt sich aus Enckes Berechnung zu 8814 Jahren. Seine geringste Entfernung von der Oberfläche der Sonne war am 17. Dezember 1680 nur 32 000 geographische Meilen, also 20 000 weniger als die Entfernung der Erde vom Monde. Das Aphel ist 853,3 Entfernungen der Erde von der Sonne, und das Verhältnis der kleinsten zur größten Entfernung von der Sonne ist wie 1 : 140 000.

[11] (S. 406.) Newton nahm für die glänzendsten Kometen nur von der Sonne reflektiertes Licht an. Splendent Cometae, sagt er, luce Solis a se reflexa.

[12] (S. 406.) Der so sorgfältig und immer unbefangen beobachtende Hevelius war schon auf die Vergrößerung der Kometenkerne mit Zunahme der Entfernung von der Sonne aufmerksam gewesen. Die Bestimmungen der Durchmesser des Kometen von Encke in der Sonnennähe sind, wenn man Genauigkeit haben will, sehr schwierig. Der Komet ist eine neblige Masse, in welcher die Mitte oder eine Stelle derselben, die hellste, selbst hervorstechend hell, ist. Von dieser Stelle aus, die aber nichts von einer Scheibe zeigt und nicht ein Kometenkopf genannt werden kann, nimmt ringsum das Licht schnell ab; dabei verlängert sich der Nebel nach einer Seite hin, so daß diese Verlängerung als Schweif erscheint. Die Messungen beziehen sich also auf diesen Nebel, dessen Umfang, ohne eine recht bestimmte Grenze zu haben, im Perihel abnimmt.

[13] (S. 407.) Wenn man noch später (5. März) den Abstand beider Kometen bis 9° 19′ wachsen sah, so war diese Zunahme, wie Plantamour gezeigt hat, nur scheinbar und von der Annäherung zur Erde abhängig. Vom Februar bis März blieben beide Teile des Doppelkometen in gleicher Entfernung voneinander.

[14] (S. 407.) „Le 10 février 1846 on aperçoit le fond noir du ciel qui sépare les deux comètes;“ O. Struve im Bulletin physico-mathématique de l'Acad. des Sciences de St. Pétersbourg T. VI, Nr. 4.

[15] (S. 408.) „Ephorus non religiosissimae fidei, saepe decipitur, saepe decipit. Sicut hic Cometem, qui omnium mortalium oculis custoditus est, quia ingentis rei traxit eventus, cum Helicen et Burin ortu suo merserit, ait illum discessisse in duas stellas: quod praeter illum nemo tradidit. Quis enim posset observare illud momentum, quo Cometes solutus et in duas partes redactus est? Quomodo autem, si est qui viderit Cometem in duas dirimi, nemo vidit fieri ex duabus?“ Seneca, Nat. Quaest. lib. VII, cap. 16.

[16] (S. 409.) Elliptische Bahnen mit verhältnismäßig nicht sehr langer Dauer der Umlaufszeiten (ich erinnere an die 3065 und 8800 Jahre der Kometen von 1811 und 1680) bieten dar die Kometen von Colla und Bremiker aus den Jahren 1845

und 1840. Sie scheinen Umlaufszeiten von nur 249 und 344 Jahren zu haben.

[17] (S. 409.) Die kurze Umlaufszeit von 1204 Tagen wurde von Encke bei dem Wiedererscheinen seines Kometen im Jahre 1819 erkannt. Siehe die zuerst berechneten elliptischen Bahnen im Berliner astronomischen Jahrbuch für 1822, S. 193, und für die zur Erklärung der beschleunigten Umläufe angenommene Konstante des widerstehenden Mittels Enckes vierte Abhandlung in den Schriften der Berliner Akademie aus dem Jahre 1844. Zur Geschichte des Kometen von Encke ist noch hier zu erinnern, daß derselbe, soweit die Kunde der Beobachtungen reicht, zuerst von Méchain den 17. Januar 1786 an zwei Tagen gesehen wurde; dann von Miß Carolina Herschel den 7. bis 27. November 1795; darauf von Bouvard, Pons und Huth, den 20. Oktober bis 19. November 1805; endlich, als zehnte Wiederkehr seit Méchains Entdeckung im Jahre 1786, vom 26. November 1818 bis 12. Januar 1819 von Pons. Die erste von Encke vorausberechnete Wiederkehr wurde von Rümker zu Paramatta beobachtet. — Der Bielasche, oder, wie man auch sagt, der Gambart-Bielasche innere Komet ist zuerst am 8. März 1772 von Montaigne, dann von Pons am 10. November 1805, danach am 27. Februar 1826 zu Josephstadt in Böhmen von Herrn von Biela und am 9. März zu Marseille von Gambart gesehen. Der frühere Wiederentdecker des Kometen von 1772 ist zweifelsohne Biela und nicht Gambart; dagegen aber hat der letztere, früher als Biela, und fast zugleich mit Clausen, die elliptischen Elemente bestimmt. Die erste vorausberechnete Wiederkehr des Bielaschen Kometen ward im Oktober und Dezember 1832 von Henderson am Vorgebirge der guten Hoffnung beobachtet. Die schon erwähnte wundersame Verdoppelung des Bielaschen Kometen durch Teilung erfolgte bei seiner elften Wiederkehr seit 1772, am Ende des Jahres 1845.

[18] (S. 411.) Der Laplacischen speziellen Ansicht von den Kometen als „wandernden Nebelflecken (petites nébuleuses errantes de systèmes en systèmes solaires)“ stehen die Fortschritte, welche seit dem Tode des großen Mannes in der Auflöslichkeit so vieler Nebelflecke in gedrängte Sternhaufen gemacht worden sind, mannigfach entgegen; auch der Umstand, daß die Kometen einen Anteil von zurückgeworfenem, polarisiertem Lichte haben, welcher den selbstleuchtenden Weltkörpern mangelt.

[19] (S. 412.) Zu Babylon in der gelehrten chaldäischen Schule der Astrologen, wie bei den Pythagoreern, und eigentlich bei allen alten Schulen, gab es Spaltung der Meinungen. Seneca führt die einander entgegengesetzten Zeugnisse des Apollonius Myndius und des Epigenes an. Der letztere gehört zu den selten Genannten; doch bezeichnet ihn Plinius als „gravis auctor in primis“, wie auch ohne Lob Censorinus glaubt, daß die all-

gemeine und herrschende Ansicht bei den babylonischen Astrologen (den Chaldäern) die war, daß die Kometen zu festbestimmten Zeiten in ihren sicheren Bahnen wiederkehren. Der Zwiespalt, welcher unter den Pythagoreern über die planetarische Natur der Kometen herrschte, und welchen Aristoteles und Pseudo-Plutarch andeuten, dehnte sich nach dem ersteren auch auf die Natur der Milchstraße, den verlassenen Weg der Sonne oder des gestürzten Phaethon, aus. Von einigen der Pythagoreer wird die Meinung bei Aristoteles angeführt, „daß die Kometen zur Zahl solcher Planeten gehören, die erst nach langer Zeit, wie Merkur, sichtbar werden können, über den Horizont in ihrem Laufe aufsteigend". Bei dem so fragmentarischen Pseudo-Plutarch heißt es, daß sie „zu fest bestimmten Zeiten nach vollbrachtem Umlaufe aufgehen". Vieles in abgesonderten Schriften über die Natur der Kometen Enthaltene ist uns verloren gegangen: von Arrian, den Stobäus benutzen konnte, von Charimander, dessen bloßer Name sich nur bei Seneca und Pappus erhalten hat. Stobäus führt als Meinung der Chaldäer an, daß die Kometen eben deshalb so selten uns sichtbar bleiben, weil sie in ihrem langen Laufe sich fern von uns in die Tiefen des Aethers (des Weltraumes) verbergen, wie die Fische in den Tiefen des Ozeans. Das Anmutigste und, trotz der rhetorischen Färbung, das Gründlichste und mit den jetzigen Meinungen Uebereinstimmendste gehört im Altertum dem Seneca zu. Wir lesen Nat. Quest. lib. VII, cap. 22, 25 und 31: „Non enim existimo Cometem subitaneum ignem, sed inter aeterna opera naturae. — Quid enim miramur, cometas, tam rarum mundi spectaculum, nondum tenere legibus certis? nec initia illorum finesque patescere, quorum ex ingentibus intervallis recursus est? Nondum sunt anni quingenti, ex quo Graecia ..... stellis numeros et nomina fecit. Multaeque hodie sunt gentes, quae tantum facie noverint caelum; quae nondum sciant, cur luna deficiat, quare obumbretur. Hoc apud nos quoque nuper ratio ad certum perduxit. Veniet tempus, quo ista quae nunc latent, in lucem dies extrahat et longioris aevi diligentia. — Veniet tempus, quo posteri nostri tam aperta nos nescisse mirentur. — Eleusis servat, quod ostendat revisentibus. Rerum natura sacra sua non simul tradit. Initiatos nos credimus; in vestibulo ejus haeremus. Illa arcana non promiscue nec omnibus patent, reducta et in interiore sacrario clausa sunt. Ex quibus aliud haec aetas, aliud quae post nos subibit, dispiciet. Tarde magna proveniunt ......"

IV.

Ring des Tierkreislichtes.

In unserem formenreichen Sonnensysteme sind Existenz, Ort und Gestaltung vieler einzelner Glieder seit kaum drittehalbhundert Jahren und in langen Zwischenräumen der Zeit allmählich erkannt worden; zuerst die untergeordneten oder Partikularsysteme, in denen, dem Hauptsysteme der Sonne analog, geballte kleinere Weltkörper einen größeren umkreisen; dann konzentrische Ringe um einen, und zwar den satellitenreichsten, den undichteren und äußeren Hauptplaneten; dann das Dasein und die wahrscheinliche materielle Ursache des milden, pyramidal gestalteten, dem unbewaffneten Auge sehr sichtbaren Tierkreislichtes; dann die sich gegenseitig schneidenden, zwischen den Gebieten zweier Hauptplaneten eingeschlossenen, außerhalb der Zodiakalzone liegenden Bahnen der sogenannten kleinen Planeten oder Asteroiden; endlich die merkwürdige Gruppe von inneren Kometen, deren Aphele kleiner als die Aphele des Saturn, des Uranus oder des Neptun sind. In einer kosmischen Darstellung des Weltraumes ist es nötig, an eine Verschiedenartigkeit der Glieder des Sonnensystemes zu erinnern, welche keineswegs Gleichartigkeit des Ursprunges und dauernde Abhängigkeit der bewegenden Kräfte ausschließt.

So groß auch noch das Dunkel ist, welches die materielle Ursache des Tierkreislichtes umhüllt, so scheint doch, bei der mathematischen Gewißheit, daß die Sonnenatmosphäre nicht weiter als bis zu $^9/_{20}$ des Merkurabstandes reichen könne, die von Laplace, Schubert, Arago, Poisson und Biot verteidigte Meinung, nach der das Zodiakallicht aus einem dunstartigen, abgeplatteten, frei im Weltraum zwischen der Venus- und Marsbahn kreisenden Ringe ausstrahle, in dem gegenwärtigen sehr mangelhaften Zustande der Beobachtungen

die befriedigendste zu sein. Die äußerste Grenze der Atmosphäre hat sich bei der Sonne wie im Saturn (einem untergeordneten Systeme) nur bis dahin ausdehnen können, wo die Attraktion des allgemeinen oder partiellen Centralkörpers der Schwungkraft genau das Gleichgewicht hält; jenseits mußte die Atmosphäre nach der Tangente entweichen und geballt als kugelförmige Planeten und Trabanten oder nicht geballt zu Kugeln als feste und dunstförmige Ringe den Umlauf fortsetzen. Nach dieser Betrachtung tritt der Ring des Zodiakallichtes in die Kategorie planetarischer Formen, welche den allgemeinen Bildungsgesetzen unterworfen sind.

Bei den so geringen Fortschritten, welche auf dem Wege der Beobachtung dieser vernachlässigte Teil unserer astronomischen Kenntnisse macht, habe ich wenig zu dem zuzusetzen, was, fremder und eigener Erfahrung entnommen, ich früher in dem Naturgemälde (B. I, S. 98—102 und 283—286, Anm. 65—72, Bd. III, S. 229) entwickelt habe. Wenn 22 Jahre vor Dominik Cassini, dem man gemeinhin die erste Wahrnehmung des Zodiakallichtes zuschreibt, schon Childrey (Kaplan des Lords Henry Somerset) in seiner 1661 erschienenen Britannia Baconica dasselbe als eine vorher unbeschriebene und von ihm mehrere Jahre lang im Februar und Anfang März gesehene Erscheinung der Aufmerksamkeit der Astronomen empfiehlt, so muß ich (nach einer Bemerkung von Olbers) auch eines Briefes von Rothmann an Tycho erwähnen, aus welchem hervorgeht, daß Tycho schon am Ende des 16. Jahrhunderts den Zodiakalschein sah und für eine abnorme Frühjahrsabenddämmerung hielt. Die auffallend stärkere Lichtintensität der Erscheinung in Spanien, an der Küste von Valencia und in den Ebenen Neukastiliens, hat mich zuerst, ehe ich Europa verließ, zu anhaltender Beobachtung angeregt. Die Stärke des Lichtes, man darf sagen der Erleuchtung, nahm überraschend zu, je mehr ich mich in Südamerika und in der Südsee dem Aequator näherte. In der ewig trockenen heiteren Luft von Cumana, in den Grassteppen (Llanos) von Caracas, auf den Hochebenen von Quito und der mexikanischen Seen, besonders in Höhen von 8 bis 12 000 Fuß (2600 bis 3900 m), in denen ich länger verweilen konnte, übertraf der Glanz bisweilen den der schönsten Stellen der Milchstraße zwischen dem Vorderteile des Schiffes und dem Schützen oder, um Teile unserer Hemisphäre zu nennen, zwischen dem Adler und Schwan.

Im ganzen aber hat mir der Glanz des Zodiakallichtes keineswegs merklich mit der Höhe des Standortes zu wachsen, sondern vielmehr hauptsächlich von der inneren Veränderlichkeit des Phänomens selbst, von der größeren oder geringeren Intensität des Lichtprozesses abzuhängen geschienen, wie meine Beobachtungen in der Südsee zeigen, in welchen sogar ein Gegenschein gleich dem bei dem Untergang der Sonne bemerkt ward. Ich sage hauptsächlich, denn ich verneine nicht die Möglichkeit eines gleichzeitigen Einflusses der Luftbeschaffenheit (größeren und geringeren Diaphanität) der höchsten Schichten der Atmosphäre, während meine Instrumente in den unteren Schichten gar keine oder vielmehr günstige Hygrometerveränderungen andeuteten. Fortschritte in unserer Kenntnis des Tierkreislichtes sind vorzüglich aus der Tropengegend zu erwarten, wo die meteorologischen Prozesse die höchste Stufe der Gleichförmigkeit oder Regelmäßigkeit in der Periodizität der Veränderungen erreichen. Das Phänomen ist dort perpetuierlich und eine sorgfältige Vergleichung der Beobachtungen an Punkten verschiedener Höhe und unter verschiedenen Lokalverhältnissen würde mit Anwendung der Wahrscheinlichkeitsrechnung entscheiden, was man kosmischen Lichtprozessen, was bloßen meteorologischen Einflüssen zuschreiben soll.

Es ist mehrfach behauptet worden, daß in Europa in mehreren aufeinander folgenden Jahren fast gar kein Tierkreislicht oder doch nur eine schwache Spur desselben gesehen worden sei. Sollte in solchen Jahren das Licht auch in der Aequinoktialzone verhältnismäßig geschwächt erscheinen? Die Untersuchung müßte sich aber nicht auf die Gestaltung nach Angabe der Abstände von bekannten Sternen oder nach unmittelbaren Messungen beschränken. Die Intensität des Lichtes, seine Gleichartigkeit oder seine etwaige Intermittenz (Zucken und Flammen), seine Analyse durch das Polariskop wären vorzugsweise zu erforschen. Bereits Arago (Annuaire pour 1836, p. 298) hat darauf hingedeutet, daß vergleichende Beobachtungen von Dominik Cassini vielleicht klar erweisen würden: „que la supposition des intermittences de la diaphanité atmosphérique ne saurait suffire à l'explication des variations signalées par cet Astronome“.

Gleich nach den ersten Pariser Beobachtungen dieses großen Beobachters und seines Freundes Fatio de Duillier zeigte sich Liebe zu ähnlicher Arbeit bei indischen Reisenden (Pater Noël, de Bèze und Duhalde), aber vereinzelte Be-

richte (meist nur schildernd die Freude über den ungewohnten Anblick) sind zur gründlichen Diskussion der Ursachen der Veränderlichkeit unbrauchbar. Nicht die schnellen Reisen auf den sogenannten Weltumseglungen, wie noch in neuerer Zeit die Bemühungen des thätigen Horner zeigen (Zach, Monatl. Korresp. Bd. X, S. 337 bis 340), können ernst zum Zwecke führen. Nur ein mehrjähriger permanenter Aufenthalt in einigen der Tropenländer kann die Probleme veränderter Gestaltung und Lichtintensität lösen. Daher ist am meisten für den Gegenstand, welcher uns hier beschäftigt, wie für die gesamte Meteorologie von der endlichen Verbreitung wissenschaftlicher Kultur über die Aequinoktialwelt des ehemaligen spanischen Amerika zu erwarten, da, wo große volkreiche Städte, Cuzco, la Paz, Potosi, zwischen 10700 und 12500 Fuß (3475 und 3735 m) über dem Meere liegen. Die numerischen Resultate, zu denen Houzeau, auf eine freilich nur geringe Zahl vorhandener genauer Beobachtungen gestützt, hat gelangen können, machen es wahrscheinlich, daß die große Achse des Zodiakalscheinringes ebensowenig mit der Ebene des Sonnenäquators zusammenfällt, als die Dunstmasse des Ringes, deren Molekularzustand uns ganz unbekannt ist, die Erdbahn überschreitet. (Schumachers Astron. Nachr. Nr. 492.)

V.

Sternschnuppen, Feuerkugeln und Meteorsteine.

Seit dem Frühjahr 1845, in dem ich das Naturgemälde oder die allgemeine Uebersicht kosmischer Erscheinungen herausgegeben, sind die früheren Resultate der Beobachtung von Aerolithenfällen und periodischen Sternschnuppenströmen mannigfaltig erweitert und berichtigt worden. Vieles wurde einer strengeren und sorgfältigeren Kritik unterworfen, besonders die für das Ganze des rätselhaften Phänomens so wichtige Erörterung der Radiation, d. h. der Lage der Ausgangspunkte in den wiederkehrenden Epochen der Sternschnuppenschwärme. Auch ist die Zahl solcher Epochen, von welchen lange die August- und die Novemberperiode allein die Aufmerksamkeit auf sich zogen, durch neuere Beobachtungen vermehrt worden, deren Resultate einen hohen Grad der Wahrscheinlichkeit darbieten. Man ist durch die verdienstvollen Bemühungen, zuerst von Brandes, Benzenberg, Olbers und Bessel, später von Erman, Boguslawski, Quetelet, Feld, Saigey, Eduard Heis und Julius Schmidt zu genaueren korrespondierenden Messungen übergegangen und ein mehr verbreiteter mathematischer Sinn hat es schwieriger gemacht, durch Selbsttäuschung einem vorgefaßten Theorem unsichere Beobachtungen anzupassen.

Die Fortschritte in dem Studium der Feuermeteore werden um so schneller sein, als man unparteiisch Thatsachen von Meinungen trennt, die Einzelheiten prüft; aber nicht als ungewiß und schlecht beobachtet, alles verwirft, was man jetzt noch nicht zu erklären weiß. Am wichtigsten scheint mir Absonderung der physischen Verhältnisse von den im ganzen sicherer zu ergründenden geometrischen und Zahlenverhältnissen. Zu der letzteren Klasse gehören Höhe, Geschwindig-

keit, Einheit oder Mehrfachheit der Ausgangspunkte bei erkannter Radiation, mittlere Zahl der Feuermeteore in sporadischen oder periodischen Erscheinungen, nach Frequenz auf dasselbe Zeitmaß reduziert, Größe und Gestaltung, im Zusammenhang mit den Jahreszeiten oder mit den Abständen von der Mitte der Nacht betrachtet. Die Ergründung beider Arten von Verhältnissen, der physischen und geometrischen, wird allmählich zu einem und demselben Ziele, zu genetischen Betrachtungen über die innere Natur der Erscheinung, führen.

Ich habe schon früher darauf hingewiesen, daß wir im ganzen mit den Welträumen und dem, was sie erfüllt, nur in Verkehr stehen durch licht- und wärmeerregende Schwingungen, wie durch die geheimnisvollen Anziehungskräfte, welche ferne Massen (Weltkörper) nach der Quantität ihrer Körperteilchen auf unseren Erdball, dessen Ozeane und Luftumhüllung ausüben. Die Lichtschwingung, welche von dem kleinsten teleskopischen Fixsterne aus einem auflöslichen Nebelflecke ausgeht und für die unser Auge empfänglich ist, bringt uns (wie es die sichere Kenntnis von der Geschwindigkeit und Aberration des Lichtes mathematisch darthut) ein Zeugnis von dem ältesten Dasein der Materie.[1] Ein Lichteindruck aus den Tiefen der sterngefüllten Himmelsräume führt uns mittels einer einfachen Gedankenverbindung über eine Myriade von Jahrhunderten in die Tiefen der Vorzeit zurück. Wenn auch die Lichteindrücke, welche Sternschnuppenströme, aerolithenschleudernde Feuerkugeln oder ähnliche Feuermeteore geben, ganz verschiedener Natur sein mögen, wenn sie sich auch erst entzünden, indem sie in die Erdatmosphäre gelangen, so bietet doch der fallende Aerolith das einzige Schauspiel einer materiellen Berührung von etwas dar, das unserem Planeten fremd ist. Wir erstaunen, „metallische und erdige Massen, welche der Außenwelt, den himmlischen Räumen, angehören, betasten, wiegen, chemisch zersetzen zu können“, in ihnen heimische Mineralien zu finden, die es wahrscheinlich machen, wie dies schon Newton vermutete, daß Stoffe, welche zu einer Gruppe von Weltkörpern, zu einem Planetensysteme gehören, großenteils dieselben sind.

Die Kenntnis von den ältesten, chronologisch sicher bestimmten Aerolithfällen verdanken wir dem Fleiß der alles registrierenden Chinesen. Solche Nachrichten steigen bis in

das Jahr 644 vor unserer Zeitrechnung hinauf, also bis zu den Zeiten des Tyrtäus und des zweiten messenischen Krieges der Spartaner, 176 vor dem Falle der ungeheuren Meteormasse bei Aegos Potamoi. Eduard Biot hat in Ma-tuan-lin, welcher Auszüge aus der astronomischen Sektion der ältesten Reichsannalen enthält, für die Epoche von der Mitte des 7. Jahrhunderts v. Chr. bis 333 Jahre n. Chr. 16 Aerolithenfälle aufgefunden, während daß griechische und römische Schriftsteller für denselben Zeitraum nur 4 solche Erscheinungen anführen.

Merkwürdig ist es, daß die ionische Schule früh schon, übereinstimmend mit unseren jetzigen Meinungen, den kosmischen Ursprung der Meteorsteine annahm. Der Eindruck, welchen eine so großartige Erscheinung als die bei Aegos Potamoi (an einem Punkte, welcher 62 Jahre später durch den den peloponnesischen Krieg beendigenden Sieg des Lysander über die Athener noch berühmter ward) auf alle hellenischen Völkerschaften machte, mußte auf die Richtung und Entwickelung der ionischen Physiologie einen entscheidenden und nicht genug beachteten Einfluß ausüben. Anaxagoras von Klazomenä war in dem reifen Alter von 32 Jahren, als jene Naturbegebenheit vorfiel. Nach ihm sind die Gestirne von der Erde durch die Gewalt des Umschwunges abgerissene Massen, (Plut. De plac. Philos. III, 13). Der ganze Himmel, meint er, sei aus Steinen zusammengesetzt (Plato, De legibus XII, p. 967). Die steinartigen festen Körper werden durch den feurigen Aether in Glut gesetzt, so daß sie das vom Aether ihnen mitgeteilte Licht zurückstrahlen. Tiefer als der Mond, und noch zwischen ihm und der Erde, bewegen sich, sagt Anaxagoras nach dem Theophrast (Stob., Eclog. phys. lib. I, p. 560), noch andere dunkle Körper, die auch Mondverfinsterungen hervorbringen können (Diog. Laert. II, 12; Origines, Philosophum. cap. 8). Noch deutlicher und gleichsam bewegter von dem Eindruck des großen Aerolithenfalles drückt sich Diogenes von Apollonia, der, wenn er auch nicht ein Schüler des Anaximenes ist, doch wahrscheinlich einer Zeitepoche zwischen Anaxagoras und Demokritus angehört, über den Weltbau aus. Nach ihm „bewegen sich," wie ich schon an einem Orte ausgeführt, „mit den sichtbaren Sternen auch unsichtbare (dunkle) Steinmassen, die deshalb unbenannt bleiben. Letztere fallen bisweilen auf die Erde herab und verlöschen, wie es geschehen ist mit dem

steinernen Stern, welcher bei Aegos Potamoi gefallen ist." (Stob., Eclog. p. 508.)[2]

Die „Meinung einiger Physiker" über Feuermeteore (Sternschnuppen und Aerolithen), welche Plutarch im Leben des Lysander (Kap. 12) umständlich entwickelt, ist ganz die des kretensischen Diogenes. „Sternschnuppen," heißt es dort, „sind nicht Auswürfe und Abflüsse des ätherischen Feuers, welche, wenn sie in unseren Luftkreis kommen, nach der Entzündung erlöschen; sie sind vielmehr Wurf und Fall himmlischer Körper, dergestalt, daß sie durch ein Nachlassen des Schwunges herabgeschleudert werden."[3] Von dieser Ansicht des Weltbaues, von der Annahme dunkler Weltkörper, die auf unsere Erde herabfallen, finden wir nichts in den Lehren der alten ionischen Schule, von Thales und Hippo bis zum Empedokles.[4] Der Eindruck der Naturbegebenheit in der 78. Olympiade scheint die Idee des Falles dunkler Massen mächtig hervorgerufen zu haben. In dem späten Pseudo-Plutarch (Plac. II, 13) lesen wir bloß, daß der Milesier Thales „die Gestirne alle für irdische und feurige Körper (γεώδη καὶ ἔμπυρα)" hielt. Die Bestrebungen der früheren ionischen Physiologie waren gerichtet auf das Erspähen des Urgrundes der Dinge, des Entstehens durch Mischung, stufenweise Veränderung und Uebergänge der Stoffe ineinander, auf die Prozesse des Werdens durch Erstarrung oder Verdünnung. Des Umschwunges der Hemisphäre, „welcher die Erde im Mittelpunkt festhält", gedenkt allerdings schon Empedokles als einer wirksam bewegenden kosmischen Kraft. Da in diesen ersten Anklängen physikalischer Theorieen der Aether, die Feuerluft, ja das Feuer selbst die Expansivkraft der Wärme darstellt, so knüpfte sich an die hohe Region des Aethers die Idee des treibenden, von der Erde Felsstücke wegreißenden Umschwunges. Daher nennt Aristoteles (Meteorol. I, 399, Bekker) den Aether „den ewig im Lauf begriffenen Körper", gleichsam das nächste Substratum der Bewegung und sucht etymologische Gründe für diese Behauptung. Deshalb finden wir in der Biographie des Lysander, „daß das Nachlassen der Schwungkraft den Fall himmlischer Körper verursacht", wie auch an einem anderen Orte, wo Plutarch offenbar wieder auf Meinungen des Anaxagoras oder des Diogenes von Apollonia hindeutet (De facie in orbe Lunae p. 923), er die Behauptung aufstellt, „daß der Mond, wenn seine Schwungkraft aufhörte, zur Erde fallen

würde wie der Stein in der Schleuder."[5] So sehen wir in diesem Gleichnis nach der Annahme eines centrifugalen Umschwunges, welchen Empedokles in der (scheinbaren) Umdrehung der Himmelskugel erkannte, allmählich als idealen Gegensatz eine Centripetalkraft auftreten. Diese Kraft wird eigens und deutlicher bezeichnet von dem scharfsinnigsten aller Erklärer des Aristoteles, Simplicius (p. 491, Bekker). Er will das Nichtherabfallen der Weltkörper dadurch erklären, „daß der Umschwung die Oberhand hat über die eigene Fallkraft, den Zug nach unten." Dies sind die ersten Ahnungen über wirkende Centralkräfte, und gleichsam auch die Trägheit der Materie anerkennend, schreibt zuerst der Alexandriner Johannes Philopponus, Schüler des Ammonius Hermeä, wahrscheinlich auch aus dem 6. Jahrhundert, „die Bewegung der kreisenden Planeten einem primitiven Stoße" zu, welchen er sinnig (De creatione mundi lib. I, cap. 12) mit der Idee des „Falles, eines Strebens aller schweren und leichten Stoffe gegen die Erde", verbindet. So haben wir versucht, zu zeigen, wie eine große Naturerscheinung und die früheste, rein kosmische Erklärung eines Aerolithenfalles wesentlich dazu beigetragen hat, im griechischen Altertume stufenweise, aber freilich nicht durch mathematische Gedankenverbindung die Keime von dem zu entwickeln, was, durch die Geistesarbeit der folgenden Jahrhunderte gefördert, zu den von Huygens entdeckten Gesetzen der Kreisbewegung führte.

Von den geometrischen Verhältnissen der periodischen (nicht sporadischen) Sternschnuppen beginnend, richten wir unsere Aufmerksamkeit vorzugsweise auf das, was neuere Beobachtungen über die Radiation oder die Ausgangspunkte der Meteore und über ihre ganz planetarische Geschwindigkeit offenbart haben. Beides, Radiation und Geschwindigkeit, charakterisiert sie mit einem hohen Grade der Wahrscheinlichkeit als leuchtende Körper, die sich als unabhängig von der Rotation der Erde zeigen und von außen, aus dem Weltraume, in unsere Atmosphäre gelangen. Die nordamerikanischen Beobachtungen der Novemberperiode bei den Sternschnuppenfällen von 1833, 1834 und 1837 hatten als Ausgangspunkt den Stern γ Leonis bezeichnen lassen, die Beobachtungen des Augustphänomens im Jahre 1839 Algol im Perseus, oder einem Punkt zwischen Perseus und dem Stier. Es waren diese Radiationscentra ungefähr die

Sternbilder, gegen welche hin sich etwa in derselben Epoche die Erde bewegte. Saigey, der die amerikanischen Beobachtungen von 1833 einer sehr genauen Untersuchung unterworfen hat, bemerkt, daß die fixe Radiation aus dem Sternbild des Löwen eigentlich nur nach Mitternacht, in den letzten 3 bis 4 Stunden vor Anbruch des Tages, bemerkt worden ist, daß von 18 Beobachtern zwischen der Stadt Mexiko und dem Huronensee nur 10 denselben allgemeinen Ausgangspunkt der Meteore erkannten, welchen Denison Olmstedt, Professor der Mathematik in New Haven (Massachussets) angab.

Die vortreffliche Schrift des Oberlehrers Eduard Heis zu Aachen, welche zehn Jahre lang von ihm daselbst angestellte, sehr genaue Beobachtungen über periodische Sternschnuppen in gedrängter Kürze darbietet, enthält Resultate der Radiationserscheinungen, die um so wichtiger sind, als der Beobachter sie mit mathematischer Strenge diskutiert hat. Nach ihm[6] „ist es eigentümlich für die Sternschnuppen der Novemberperiode, daß die Bahnen mehr zerstreut sind, als die der Augustperiode. In jeder der beiden Perioden sind die Ausgangspunkte gleichzeitig mehrfach gewesen, keineswegs immer von demselben Sternbilde ausgehend, wie man seit dem Jahre 1833 voreilig anzunehmen geneigt war.“ Heis findet in den Augustperioden der Jahre 1839, 1841, 1842, 1843, 1844, 1847 und 1848 neben dem Hauptausgangspunkte des Algol im Perseus noch zwei andere: im Drachen und im Nordpol.[7] „Um genaue Resultate über die Ausgangspunkte der Sternschnuppenbahnen in der Novemberperiode für die Jahre 1839, 1841, 1846 und 1847 zu ziehen, wurden für einen jeden der vier Punkte (Perseus, Löwe, Kassiopeia und Drachenkopf) einzeln die zu demselben gehörigen Mittelbahnen auf eine 30zöllige Himmelskugel aufgezeichnet und jedesmal die Lage des Punktes ermittelt, von welchem die meisten Bahnen ausgingen. Die Untersuchung ergab, daß von 407 der Bahn nach verzeichneten Sternschnuppen 171 aus dem Perseus nahe beim Sterne η im Medusenhaupte, 83 aus dem Löwen, 35 aus der Kassiopeia in der Nähe des veränderlichen Sternes α, 40 aus dem Drachenkopfe, volle 78 aber aus unbestimmten Punkten kamen. Die Zahl der aus dem Perseus ausstrahlenden Sternschnuppen betrug also fast doppelt so viel als die des Löwen.“[8]

Die Radiation aus dem Perseus hat sich demnach in beiden Perioden als ein sehr merkwürdiges Resultat erwiesen. Ein scharfsinniger, acht bis zehn Jahre mit den Meteorphänomenen beschäftigter Beobachter, Julius Schmidt, Adjunkt an der Sternwarte zu Bonn, äußert sich über diesen Gegenstand mit großer Bestimmtheit in einem Briefe an mich (Juli 1851): „Abstrahiere ich von den reichen Sternschnuppenfällen im November 1833 und 1834, sowie von einigen späteren der Art, wo der Punkt im Löwen ganze Scharen von Meteoren aussandte, so bin ich gegenwärtig geneigt, den Perseuspunkt als denjenigen Konvergenzpunkt zu betrachten, welcher nicht bloß im August, sondern das ganze Jahr hindurch die meisten Meteore liefert. Dieser Punkt liegt, wenn ich die aus 478 Beobachtungen von Heis ermittelten Werte zu Grunde lege, in Rektaszension 50,3° und Deklination 51,5° (gültig für 1844/46). Im November 1849 (7. bis 14.) sah ich ein paar hundert Sternschnuppen mehr, als ich seit 1841 je im November bemerkt hatte. Von diesen kamen im ganzen nur wenige aus dem Löwen, bei weitem die meisten gehörten dem Sternbild des Perseus an. Daraus folgt, wie mir scheint, daß das große Novemberphänomen von 1799 und 1833 damals (1841) nicht erschienen ist. Auch glaubte Olbers an eine Periode von 34 Jahren für das Maximum der Novembererscheinung (Kosmos Bd. I, S. 91). Wenn man die Richtungen der Meteorbahnen in ihrer ganzen Komplikation und periodischen Wiederkehr betrachtet, so findet man, daß es gewisse Radiationspunkte gibt, die immer vertreten sind, andere, die nur sporadisch und wechselnd erscheinen."

Ob übrigens die verschiedenen Ausgangspunkte mit den Jahren sich ändern, was, wenn man geschlossene Ringe annimmt, eine Veränderung in der Lage der Ringe andeuten würde, in welchen die Meteore sich bewegen, läßt sich bis jetzt nicht mit Sicherheit aus den Beobachtungen bestimmen. Eine schöne Reihe solcher Beobachtungen von Houzeau (aus den Jahren 1839 bis 1842) scheint gegen eine progressive Veränderung zu zeugen. Daß man im griechischen und römischen Altertum schon auf eine gewisse temporäre Gleichförmigkeit in der Richtung der am Himmelsgewölbe hinschießenden Sternschnuppen aufmerksam gewesen ist, hat sehr richtig Eduard Heis[9] bemerkt. Jene Richtung wurde damals als Folge eines in den höheren Luftregionen bereits wehenden Windes betrachtet, und verkündigte den Schiffenden einen bald

aus derselben Weltgegend eintretenden und herabsteigenden Luftstrom in der niedrigeren Region.

Wenn die periodischen Sternschnuppenströme sich von den sporadischen schon durch häufigen Parallelismus der Bahnen, strahlend aus einem oder mehreren Ausgangspunkten, unterscheiden, so ist ein zweites Kriterium derselben das numerische, die Menge der einzelnen Meteore, auf ein bestimmtes Zeitmaß zurückgeführt. Wir kommen hier auf die vielbestrittene Aufgabe der Unterscheidung eines außerordentlichen Sternschnuppenfalles von einem gewöhnlichen. Als Mittelzahl der Meteore, welche in dem Gesichtskreis einer Person an nicht außerordentlichen Tagen stündlich zu rechnen sind, gab von zwei vortrefflichen Beobachtern, Olbers und Quetelet, der eine 5 bis 6, der andere 8 Meteore an. Zur Erörterung dieser Frage, welche so wichtig als die Bestimmung der Bewegungsgesetze der Sternschnuppen in Hinsicht auf ihre Richtung ist, wird die Diskussion einer sehr großen Anzahl von Beobachtungen erfordert. Ich habe mich deshalb mit Vertrauen an den schon oben genannten Beobachter, Herrn Julius Schmidt zu Bonn, gewandt, der, lange an astronomische Genauigkeit gewöhnt, mit der ihm eigenen Lebendigkeit das Ganze des Meteorphänomens umfaßt, von welchem die Bildung der Aerolithen und ihr Herabstürzen zur Erde ihm nur eine einzelne, die seltenste, und darum nicht die wichtigste Phase zu sein scheint. Folgendes sind die Hauptresultate der erbetenen Mitteilungen.[10]

„Als Mittelzahl von vielen Jahren der Beobachtung (zwischen 3 und 8 Jahren) ist für die Erscheinung sporadischer Sternschnuppen ein Fall von 4 bis 5 in der Stunde gefunden worden. Das ist der gewöhnliche Zustand, wenn nichts Periodisches eintritt. Die Mittelzahlen in den einzelnen Monaten geben sporadisch für die Stunde:

Januar 3,4, Februar —, März 4,9, April 2,4, Mai 3,9, Juni 5,3, Juli 4,5, August 5,3, September 4,7, Oktober 4,5, November 5,3, Dezember 4,0.

Bei den periodischen Meteorfällen kann man im Mittel in jeder Stunde über 13 oder 15 erwarten. Für eine einzelne Periode, die des August, den Strom des heil. Laurentius, ergaben sich vom Sporadischen zum Periodischen folgende allmähliche Zunahmen im Mittel von 3 bis 8 Jahren der Beobachtung:

Zeit:	Zahl der Meteore in 1 Stunde:	Zahl der Jahre:
6. August	6	1
7. "	11	3
8. "	15	4
9. "	29	8
10. "	31	6
11. "	19	5
12. "	7	3

Das letzte Jahr, 1851, also ein einzelnes, gab für die Stunde, trotz des hellen Mondscheines:

am 7. August	3	Meteore
" 8. "	8	"
" 9. "	16	"
" 10. "	18	"
" 11. "	3	"
" 12. "	1	"

(Nach Heis wurden beobachtet am 10. August:

1839	in 1 Stunde	160	Meteore
1841	" 1 "	43	"
1848	" 1 "	50	"

In 10 Minuten fielen 1842 im Augustmeteorstrome zur Zeit des Maximums 34 Sternschnuppen.) Alle diese Zahlen beziehen sich auf den Gesichtskreis eines Beobachters. Seit dem Jahre 1838 sind die Novemberfälle weniger glänzend. (Am 12. November 1839 zählte jedoch Heis noch stündlich 22 bis 35 Meteore, ebenso am 13. November 1846 im Mittel 27 bis 33.) So verschieden ist der Reichtum in den periodischen Strömen der einzelnen Jahre, aber immer bleibt die Zahl der fallenden Meteore beträchtlich größer, als in den gewöhnlichen Nächten, welche in der Stunde nur 4 bis 5 sporadische Fälle zeigen. Im Januar (vom 4. an zu rechnen), im Februar und im März scheinen die Meteore überhaupt am seltensten zu sein."[11]

„Obgleich die August- und die Novemberperiode mit Recht die berufensten sind, so hat man doch, seitdem die Sternschnuppen der Zahl und der parallelen Richtung nach mit größerer Genauigkeit beobachtet werden, noch fünf andere Perioden erkannt:

Januar: in den ersten Tagen, zwischen dem 1. und 3. wohl etwas zweifelhaft.

April: 18. oder 20.? schon von Arago vermutet. (Große Ströme: 25. April 1095, 22. April 1800, 20. April 1803; Kosmos Bd. I, S. 279, Annuaire pour 1836, p. 267.)

Mai: 26.?

Juli: 26. bis 30.; Quetelet. Maximum eigentlich zwischen 27. und 29. Juli. Die ältesten chinesischen Beobachtungen gaben dem leider! früh hingeschiedenen Eduard Biot ein allgemeines Maximum zwischen 18. und 27. Juli.

August, aber vor dem Laurentiusstrome, besonders zwischen dem 2. und 5. des Monats. Man bemerkt vom 26. Juli bis 10. August meist keine regelmäßige Zunahme.

August: Laurentiusstrom selbst; Musschenbroek und Brandes (Kosmos Bd. I, S. 89—90 und 279). Entschiedenes Maximum am 10. August, seit vielen Jahren beobachtet. (Einer alten Tradition gemäß, welche in Thessalien in den Gebirgsgegenden um den Pelion verbreitet ist, öffnet sich während der Nacht des Festes der Transfiguration, am 6. August, der Himmel und die Lichter, κανδήλια, erscheinen mitten in der Oeffnung; Herrick in Sillimans Amer. Journal Vol. 37, 1839, p. 337 und Quetelet in den Nouv. Mém. de l'Acad. de Bruxelles T. XV, p. 9.)

Oktober: der 19. und die Tage um den 26.; Quetelet, Boguslawski in den „Arbeiten der schles. Gesellschaft für vaterländ. Kultur" 1843, S. 178 und Heis S. 33. Letzterer stellt Beobachtungen vom 21. Oktober 1766, 18. Oktober 1838, 17. Oktober 1841, 24. Oktober 1845, 11. bis 12. Oktober 1847 und 20. bis 26. Oktober 1848 zusammen. (S. über drei Oktoberphänomene in den Jahren 902, 1202 und 1366, Kosmos Bd. I, S. 92 und 275.) Die Vermutung von Boguslawski, daß die chinesischen Meteorschwärme vom 18. bis 27. Juli und der Sternschnuppenfall vom 21. Oktober (a. St.) 1366 die jetzt vorgerückten August- und Novemberperioden seien, verliert nach den vielen neueren Erfahrungen von 1838 bis 1848 viel von ihrem Gewicht.[12]

November: 12. bis 14., sehr selten der 8. oder 10. (Der große Meteorfall von 1799 in Cumana vom 11. bis 12. November, welchen Bonpland und ich beschrieben

haben, gab insofern Veranlassung, an zu bestimmten Tagen periodisch wiederkehrende Erscheinungen zu glauben, als man bei dem ähnlichen großen Meteorfall von 1833 (November 12. bis 13.) sich der Erscheinung vom Jahre 1799 erinnerte.)[13]

Dezember: 9. bis 12., aber 1798 nach Brandes' Beobachtung Dezember 6. bis 7., Herrick in New Haven 1838 Dezember 7. bis 8., Heis 1847 Dezember 8. bis 10. Acht bis neun Epochen periodischer Meteorströme, von denen die letzteren fünf die sicherer bestimmten sind, werden hier dem Fleiß der Beobachter empfohlen. Die Ströme verschiedener Monate sind nicht allein untereinander verschieden, auch in verschiedenen Jahren wechseln auffallend die Reichhaltigkeit und der Glanz desselben Stromes."

„Die obere Grenze der Höhe der Sternschnuppen ist mit Genauigkeit nicht zu ermitteln, und Olbers hielt schon alle Höhen über 30 Meilen (220 km) für wenig sicher bestimmt. Die untere Grenze, welche man vormals (Kosmos Bd. I, S. 87) gewöhnlich auf 4 Meilen (über 91000 Fuß = 30 km) setzte, ist sehr zu verringern. Einzelne steigen nach Messungen fast bis zu den Gipfeln des Chimborazo und Aconcagua, bis zu einer geographischen Meile über der Meeresfläche, herab. Dagegen bemerkt Heis, daß eine am 10. Juli 1837 gleichzeitig in Berlin und Breslau gesehene Sternschnuppe nach genauer Berechnung beim Aufleuchten 62 Meilen (460 km) und beim Verschwinden 42 Meilen (360 km) Höhe hatte, andere verschwanden in derselben Nacht in einer Höhe von 14 Meilen (104 km). Aus der älteren Arbeit von Brandes (1823) folgt, daß von 100 an zwei Standpunkten wohlgemessenen Sternschnuppen 4 eine Höhe hatten von nur 1 bis 3 Meilen (7 bis 22 km), 15 zwischen 3 und 6 M. (22 bis 44 km) 22 von 6 bis 10 M. (44 bis 74 km), 35 (fast $1/3$) von 10 bis 15 M. (74 bis 110 km), 13 von 10 bis 20 M. (74 bis 148 km) und nur 11 (also kaum $1/10$) über 20 M. (148 km) und zwar zwischen 45 und 60 M. (330 bis 445 km). Aus 4000 in 9 Jahren gesammelten Beobachtungen ist in Hinsicht auf die Farbe der Sternschnuppen geschlossen worden, daß $2/3$ weiß, $1/7$ gelb, $1/17$ gelbrot und nur $1/37$ grün sind."

Olbers meldet, daß während des Meteorfalles in der Nacht vom 12. zum 13. November im Jahre 1838 in Bremen sich ein schönes Nordlicht zeigte, welches große Strecken am

Himmel mit lebhaftem blutroten Lichte färbte. Die durch diese Region hinschießenden Sternschnuppen bewahrten ungetrübt ihre weiße Farbe, woraus man schließen kann, daß die Nordlichtstrahlen weiter von der Oberfläche der Erde entfernt waren als die Sternschnuppen da, wo sie im Fallen unsichtbar wurden. (Schum. Astron. Nachr. Nr. 372, S. 178.) Die relative Geschwindigkeit der Sternschnuppen ist bisher zu 4½ bis 9 geogr. Meilen in der Sekunde geschätzt worden, während die Erde nur eine Translationsgeschwindigkeit von 4,1 Meilen hat (Kosmos Bd. I, S. 87 und 276). Korrespondierende Beobachtungen von Julius Schmidt in Bonn und Heis in Aachen (1849) gaben in der That als Minimum für eine Sternschnuppe, welche 12 Meilen (88 km) senkrecht über St. Goar stand und über den Laacher See hinwegschoß, nur 3½ Meilen (25 km). Nach anderen Vergleichungen derselben Beobachter und Houzeaus in Mons wurde die Geschwindigkeit von 4 Sternschnuppen zwischen 11½ und 23¾ Meilen (85 bis 175 km) in der Sekunde, also 2 bis 5mal so groß als die planetarische der Erde, gefunden. Dieses Resultat beweist wohl am kräftigsten den kosmischen Ursprung neben der Stetigkeit des einfachen oder mehrfachen Radiationspunktes, d. h. neben dem Umstand, daß periodische Sternschnuppen, unabhängig von der Rotation der Erde, in der Dauer mehrerer Stunden von demselben Sterne ausgehen, wenn auch dieser Stern nicht der ist, gegen welchen die Erde zu derselben Zeit sich bewegt. Im ganzen scheinen sich nach den vorhandenen Messungen Feuerkugeln langsamer als Sternschnuppen zu bewegen, aber immer bleibt es auffallend, daß, wenn die ersteren Meteorsteine fallen lassen, diese sich so wenig tief in den Erdboden einsenken. Die 276 Pfund (138 kg) wiegende Masse von Ensisheim im Elsaß war (7. November 1492) nur 3 Fuß (1 m), ebenso tief der Aerolith von Braunau (14. Juli 1847) eingedrungen. Ich kenne nur 2 Meteorsteine, welche bis 6 und 18 Fuß (2 und 6 m) den lockeren Boden aufgewühlt haben; so der Aerolith von Castrovillari in den Abruzzen (9. Februar 1583) und der von Hradschina im Agramer Komitat (26. Mai 1751).

Ob je etwas aus den Sternschnuppen zur Erde gefallen, ist vielfach in entgegengesetztem Sinne erörtert worden. Die Strohdächer der Gemeinde Belmont (Departement de l'Ain, Arrondissement Belley), welche in der Nacht vom 13. November 1835, also zu der Epoche des bekannten Novemberphänomens,

durch ein Meteor angezündet wurden, erhielten das Feuer, wie es scheint, nicht aus einer fallenden Sternschnuppe, sondern aus einer zerspringenden Feuerkugel, welche (problematisch gebliebene) Aerolithen soll haben fallen lassen, nach den Berichten von Millet d'Aubenton. Ein ähnlicher Brand, durch eine Feuerkugel veranlaßt, entstand den 22. März 1846 um 3 Uhr nachmittags in der Kommune de St. Paul bei Bagnère de Luchon. Nur der Steinfall in Angers (am 9. Juni 1822) wurde einer bei Poitiers gesehenen schönen Sternschnuppe beigemessen. Das nicht vollständig genug beschriebene Phänomen verdient die größte Beachtung. Die Sternschnuppe glich ganz den sogenannten römischen Lichtern in der Feuerwerkerei. Sie ließ einen geradlinigen Strich zurück, nach oben sehr schmal, nach unten sehr breit, und von großem Glanze, der 10 bis 12 Minuten dauerte. Siebzehn Meilen (126 km) nördlich von Poitiers fiel unter heftigen Detonationen ein Aerolith.

Verbrennt immer alles, was die Sternschnuppen enthalten, in den äußersten Schichten der Atmosphäre, deren strahlenbrechende Kraft die Dämmerungserscheinungen darthun? Die oben erwähnten, so verschiedenen Farben während des Verbrennungsprozesses lassen auf chemische, stoffartige Verschiedenheit schließen. Dazu sind die Formen jener Feuermeteore überaus wechselnd; einige bilden nur phosphorische Linien von solcher Feinheit und Menge, daß Forster im Winter 1832 die Himmelsdecke dadurch wie von einem schwachen Schimmer erleuchtet sah. Viele Sternschnuppen bewegen sich bloß als leuchtende Punkte und lassen gar keinen Schweif zurück. Das Abbrennen bei schnellem oder langsamerem Verschwinden der Schweife, die gewöhnlich viele Meilen lang sind, ist um so merkwürdiger, als der brennende Schweif bisweilen sich krümmt, und sich wenig fortbewegt. Das stundenlange Leuchten des Schweifes einer längst verschwundenen Feuerkugel, welches Admiral Krusenstern und seine Begleiter auf ihrer Weltumseglung beobachteten, erinnert lebhaft an das lange Leuchten der Wolke, aus welcher der große Aerolith von Aegos Potamoi soll herabgefallen sein, nach der freilich wohl nicht ganz glaubwürdigen Erzählung des Damachos (Kosmos Bd. I, S. 272 und 282).

Es gibt Sternschnuppen von sehr verschiedener Größe, bis zum scheinbaren Durchmesser des Jupiter oder der Venus anwachsend; auch hat man in dem Sternschnuppenfalle von

Toulouse (10. April 1812) und bei einer am 23. August desselben Jahres beobachteten Feuerkugel diese wie aus einem leuchtenden Punkte sich bilden, sternartig aufschießen und dann erst zu einer mondgroßen Sphäre sich ausdehnen gesehen. Bei sehr reichen Meteorfällen, wie bei denen von 1799 und 1833, sind unbezweifelt viele Feuerkugeln mit Tausenden von Sternschnuppen gemengt gewesen; aber die Identität beider Arten von Feuermeteoren ist doch bisher keinesfalls erwiesen. Verwandtschaft ist nicht Identität. Es bleibt noch vieles zu erforschen über die physischen Verhältnisse beider, über die vom Admiral Wrangel an den Küsten des Eismeeres bezeichnete Einwirkung der Sternschnuppen auf Entwickelung des Polarlichtes, und auf so viele unbestimmt beschriebene, aber darum nicht voreilig zu negierende Lichtprozesse, welche der Entstehung einiger Feuerkugeln vorhergegangen sind. Der größere Teil der Feuerkugeln erscheint unbegleitet von Sternschnuppen und zeigt keine Periodizität der Erscheinung. Was wir von den Sternschnuppen wissen in Hinsicht auf die Radiation aus bestimmten Punkten, ist für jetzt nur mit Vorsicht auf Feuerkugeln anzuwenden.

Meteorsteine fallen, doch am seltensten, bei ganz klarem Himmel, ohne daß sich vorher eine schwarze Meteorwolke erzeugt, ohne irgend ein gesehenes Lichtphänomen, aber mit furchtbarem Krachen, wie am 16. September 1813 bei Klein-Wenden unweit Mühlhausen, oder sie fallen, und dies häufiger, geschleudert aus einem plötzlich sich bildenden dunkeln Gewölk, von Schallphänomenen begleitet, doch ohne Licht; endlich, und so wohl am häufigsten, zeigt sich der Meteorsteinfall in nahem Zusammenhange mit glänzenden Feuerkugeln. Von diesem Zusammenhange liefern wohlbeschriebene und unzubezweifelnde Beispiele die Steinfälle von Barbotan (Dep. des Landes) den 24. Juli 1790, mit gleichzeitigem Erscheinen einer roten Feuerkugel und eines weißen Meteorwölkchens, aus dem die Aerolithen fielen; der Steinfall von Benares in Hindostan (13. Dezember 1798), der von Aigle (Dep. de l'Orne) am 26. April 1803. Die letzte der hier genannten Erscheinungen — unter allen diejenige, welche am sorgfältigsten (durch Biot) untersucht und beschrieben ist — hat endlich, 23 Jahrhunderte nach dem großen thrakischen Steinfall, und 300 Jahre nachdem ein Frate zu Crema durch einen Aerolithen erschlagen wurde,[14] der endemischen Zweifelsucht der Akademieen ein Ziel gesetzt. Eine große Feuerkugel, die sich von SO nach

NW bewegte, wurde um 1 Uhr nachmittags in Alençon, Falaise und Caen bei ganz reinem Himmel gesehen. Einige Augenblicke darauf hörte man bei Aigle (Dep. de l'Orne) in einem kleinen, dunklen, fast unbewegten Wölkchen eine 5 bis 6 Minuten dauernde Explosion, welcher 3 bis 4 Kanonenschüsse und ein Getöse wie von kleinem Gewehrfeuer und vielen Trommeln folgten. Bei jeder Explosion entfernten sich einige von den Dämpfen, aus denen das Wölkchen bestand. Keine Lichterscheinung war hier bemerkbar. Es fielen zugleich auf einer elliptischen Bodenfläche, deren große Achse von SO nach NW 1,2 Meile (9 km) Länge hatte, viele Meteorsteine, von welchen der größte nur 17½ Pfund (8,75 kg) wog. Sie waren heiß, aber nicht rotglühend,[15] dampften sichtbar, und, was sehr auffallend ist, sie waren in den ersten Tagen nach dem Falle leichter zersprengbar als nachher. Ich habe absichtlich bei dieser Erscheinung länger verweilt, um sie mit einer vom 13. September 1768 vergleichen zu können. Um 4½ Uhr nachmittags wurde an dem eben genannten Tage bei dem Dorfe Luce (Dep. d'Eure et Loire), eine Meile westlich von Chartres, ein dunkles Gewölk gesehen, in dem man wie einen Kanonenschuß hörte, wobei zugleich ein Zischen in der Luft vernommen wurde, verursacht durch den Fall eines sich in einer Kurve bewegenden schwarzen Steines. Der gefallene, halb in das Erdreich eingedrungene Stein wog 7½ Pfund (3,75 kg), und war so heiß, daß man ihn nicht berühren konnte. Er wurde von Lavoisier, Fougeroux und Cadet sehr unvollkommen analysiert. Eine Lichterscheinung ward bei dem ganzen Ereignis nicht wahrgenommen.

Sobald man anfing, periodische Sternschnuppenfälle zu beobachten und also in bestimmten Nächten auf ihre Erscheinung zu harren, wurde bemerkt, daß die Häufigkeit der Meteore mit dem Abstande von Mitternacht zunahm, daß die meisten zwischen 2 und 5 Uhr morgens fielen. Schon bei dem großen Meteorfalle zu Cumana in der Nacht vom 11. zum 12. November 1799 hatte mein Reisebegleiter den größten Schwarm von Sternschnuppen zwischen 2½ und 4 Uhr gesehen. Ein sehr verdienstvoller Beobachter der Meteorphänomene, Coulvier-Gravier, hat im Mai 1845 dem Institut zu Paris eine wichtige Abhandlung Sur la variation horaire des étoiles filantes übergeben. Es ist schwer, die Ursache einer solchen stündlichen Variation, einen Einfluß des Abstandes von dem Mitternachtspunkte zu erraten. Wenn

unter verschiedenen Meridianen die Sternschnuppen erst in einer bestimmten Frühstunde vorzugsweise sichtbar werden, so müßte man bei einem kosmischen Ursprunge annehmen, was doch wenig wahrscheinlich ist, daß diese Nacht- oder vielmehr Frühmorgenstunden vorzüglich zur Entzündung der Sternschnuppen geeignet seien, während in anderen Nachtstunden mehr Sternschnuppen vor Mitternacht unsichtbar vorüberziehen. Wir müssen noch lange mit Ausdauer Beobachtungen sammeln.

Die Hauptcharaktere der festen Massen, welche aus der Luft herabfallen, glaube ich nach ihrem chemischen Verhalten und dem in ihnen besonders von Gustav Rose erforschten körnigen Gewebe im Kosmos (Bd. I, S. 92 bis 94) nach dem Standpunkte unseres Wissens im Jahre 1845 ziemlich vollständig abgehandelt zu haben. Die aufeinander folgenden Arbeiten von Howard, Klaproth, Thénard, Vauquelin, Proust, Berzelius, Stromeyer, Laugier, Dufresnoy, Gustav und Heinrich Rose, Boussingault, Rammelsberg und Shepard haben ein reichhaltiges [16] Material geliefert, und doch entgehen unserem Blicke $^2/_3$ der gefallenen Steine, welche auf dem Meeresboden liegen. Wenn es auch augenfällig ist, wie unter allen Zonen, an den voneinander entferntesten Punkten, die Aerolithen eine gewisse physiognomische Aehnlichkeit haben: in Grönland, Mexiko und Südamerika, in Europa, Sibirien und Hindostan, so bieten dieselben doch bei näherer Untersuchung eine sehr große Verschiedenheit dar. Viele enthalten $^{96}/_{100}$ Eisen, andere (Siena) kaum $^2/_{100}$; fast alle haben einen dünnen schwarzen, glänzenden und dabei geäderten Ueberzug, bei einem (Chantonnay) fehlte die Rinde gänzlich. Das spezifische Gewicht einiger Meteorsteine steigt bis 4,28, wenn der kohlenartige, aus zerreiblichen Lamellen bestehende Stein von Alais nur 1,94 zeigte. Einige (Juvenas) bilden ein doleritartiges Gewebe, in welchem kristallisierter Olivin, Augit und Anorthit einzeln zu erkennen sind, andere (die Masse von Pallas) zeigen bloß nickelhaltiges Eisen und Olivin, noch andere (nach den Stoffverhältnissen der Mischung zu urteilen) Aggregate von Hornblende und Albit (Chateau-Renard) oder von Hornblende und Labrador (Blansko und Chantonnay).

Nach der allgemeinen Uebersicht der Resultate, welche ein scharfsinniger Chemiker, Professor Rammelsberg, der sich in der neueren Zeit ununterbrochen, so thätig als glücklich, mit der Analyse der Aerolithen und ihrer Zusammensetzung

aus einfachen Mineralien beschäftigt hat, aufstellt, „ist die Trennung der aus der Atmosphäre herabgefallenen Massen in Meteoreisen und Meteorsteine nicht in absoluter Schärfe zu nehmen. Man findet, obgleich selten, Meteoreisen mit eingemengten Silikaten (die von Heß wieder gewogene sibirische Masse, zu 1270 russischen Pfunden, mit Olivinkörnern), wie andererseits viele Meteorsteine metallisches Eisen enthalten."

„A. Das Meteoreisen, dessen Fall nur wenige Male von Augenzeugen hat beobachtet werden können (Hradschina bei Agram 26. Mai 1751, Braunau 14. Juli 1847), während die meisten analogen Massen schon seit langer Zeit auf der Oberfläche der Erde ruhen, besitzt im allgemeinen sehr gleichartige physische und chemische Eigenschaften. Fast immer enthält es in feineren oder gröberen Teilen Schwefeleisen eingemengt, welches jedoch weder Eisenkies noch Magnetkies, sondern ein Eisensulfuret zu sein scheint. Die Hauptmasse eines solchen Meteoreisens ist auch kein reines metallisches Eisen, sondern wird durch eine Legierung von Eisen und Nickel gebildet, so daß mit Recht dieser konstante Nickelgehalt (im Durchschnitt zu 10 Prozent, bald etwas mehr, bald etwas weniger) als ein vorzügliches Kriterium für die meteorische Beschaffenheit der ganzen Masse gilt. Es ist nur eine Legierung zweier isomorpher Metalle, wohl keine Verbindung in bestimmten Verhältnissen. In geringer Menge finden sich beigemischt: Kobalt, Mangan, Magnesium, Zinn, Kupfer und Kohlenstoff. Der letztgenannte Stoff ist teilweise mechanisch beigemengt, als schwer verbrennlicher Graphit, teilweise chemisch verbunden mit Eisen, demnach analog vielem Stabeisen. Die Hauptmasse des Meteoreisens enthält auch stets eine eigentümliche Verbindung von Phosphor mit Eisen und Nickel, welche beim Auflösen des Eisens in Chlorwasserstoffsäure als silberweiße mikroskopische Kristallnadeln und Blättchen zurückbleiben."

„B. Die eigentlichen Meteorsteine pflegt man, durch ihr äußeres Ansehen geleitet, in zwei Klassen zu teilen. Die einen nämlich zeigen in einer scheinbar gleichartigen Grundmasse Körner und Flitter von Meteoreisen, welches dem Magnet folgt und ganz die Natur des für sich in größeren Massen aufgefundenen besitzt. Hierher gehören z. B. die Steine von Blansko, Lissa, Aigle, Ensisheim, Chantonnay, Klein-Wenden bei Nordhausen, Erxleben, Chateau-Renard und

Utrecht. Die andere Klasse ist frei von metallischen Beimengungen und stellt sich mehr als ein kristallinisches Gemenge verschiedener Mineralsubstanzen dar, wie z. B. die Steine von Juvenas, Lontalax und Stannern."

„Seitdem Howard, Klaproth und Vauquelin die ersten chemischen Untersuchungen von Meteorsteinen angestellt haben, nahm man lange Zeit keine Rücksicht darauf, daß sie Gemenge einzelner Verbindungen sein könnten, sondern erforschte ihre Bestandteile nur im ganzen, indem man sich begnügte, den etwaigen Gehalt an metallischem Eisen mittels des Magnetes auszuziehen. Nachdem Mohs auf die Analogie einiger Aerolithen mit gewissen tellurischen Gesteinen aufmerksam gemacht hatte, versuchte Nordenskjöld zu beweisen, daß Olivin, Leucit und Magneteisen die Gemengteile des Aeroliths von Lontalax in Finnland seien; doch erst die schönen Beobachtungen von Gustav Rose haben es außer Zweifel gesetzt, daß der Stein von Juvenas aus Magnetkies, Augit und einem dem Labrador sehr ähnlichen Feldspat bestehe. Hierdurch geleitet, suchte Berzelius in einer größeren Arbeit (Kongl. Vetenskaps-Academiens Handlingar för 1834) auch durch chemische Methoden die mineralogische Natur der einzelnen Verbindungen in den Aerolithen von Blansko, Chantonnay und Alais auszumitteln. Der mit Glück von ihm vorgezeichnete Weg ist später vielfach befolgt worden."

„α. Die erste und zahlreichere Klasse von Meteorsteinen, die mit metallischem Eisen, enthält dasselbe bald fein eingesprengt, bald in größeren Massen, die sich bisweilen als ein zusammenhängendes Eisenskelett gestalten, und so den Uebergang zu jenen Meteoreisenmassen bilden, in welchen, wie in der sibirischen Masse von Pallas, die übrigen Stoffe zurücktreten. Wegen ihres beständigen Olivingehaltes sind sie reich an Talkerde. Der Olivin ist derjenige Gemengteil dieser Meteorsteine, welcher bei ihrer Behandlung mit Säuren zerlegt wird. Gleich dem tellurischen ist er ein Silikat von Talkerde und Eisenoxydul. Derjenige Teil, welcher durch Säuren nicht angegriffen wird, ist ein Gemenge von Feldspat- und Augitsubstanz, deren Natur sich einzig und allein durch Rechnung aus ihrer Gesamtmischung (als Labrador, Hornblende, Augit oder Oligoklas) bestimmen läßt."

„β. Die zweite, viel seltenere Klasse von Meteorsteinen ist weniger untersucht. Sie enthalten teils Magneteisen, Olivin und etwas Feldspat- und Augitsubstanz, teils bestehen sie

bloß aus den beiden letzten einfachen Mineralien, und das Feldspatgeschlecht ist dann durch Anorthit repräsentiert. Chromeisen (Chromoxydeisenoxydul) findet sich in geringer Menge fast in allen Meteorsteinen; Phosphorsäure und Titansäure, welche Rammelsberg in dem so merkwürdigen Steine von Juvenas entdeckte, deuten vielleicht auf Apatit und Titanit."

„Von den einfachen Stoffen sind im allgemeinen bisher in den Meteorsteinen nachgewiesen worden: Sauerstoff, Schwefel, Phosphor, Kohlenstoff, Kiesel, Aluminium, Magnesium, Calcium, Kalium, Natrium, Eisen, Nickel, Kobalt, Chrom, Mangan, Kupfer, Zinn und Titan, also 18 Stoffe. Die näheren Bestandteile sind: a) metallische: Nickeleisen, eine Verbindung von Phosphor mit Eisen und Nickel, Eisensulfuret und Magnetkies; b) oxydierte: Magneteisen und Chromeisen; c) Silikate: Olivin, Anorthit, Labrador und Augit."

Es würde mir noch übrig bleiben, um hier die größtmögliche Menge wichtiger Thatsachen, abgesondert von hypothetischen Ahnungen, zu konzentrieren, die mannigfaltigen Analogieen zu entwickeln, welche einige Meteorgesteine als Gebirgsarten mit älteren sogenannten Truppgesteinen (Doleriten, Dioriten und Melaphyren), mit Basalten und neueren Laven darbieten. Diese Analogieen sind um so auffallender, als „die metallische Legierung von Nickel und Eisen, welche in gewissen meteorischen Massen konstant enthalten ist", bisher noch nicht in tellurischen Mineralien entdeckt wurde. Derselbe ausgezeichnete Chemiker, dessen freundliche Mitteilungen ich in diesen letzten Blättern benutzt habe, verbreitet sich über diesen Gegenstand in einer eigenen Abhandlung,[17] deren Resultate geeigneter in dem geologischen Teile des Kosmos erörtert werden.

Anmerkungen.

[1] (S. 426.) Der Anblick des gestirnten Himmels bietet uns Ungleichzeitiges dar. Vieles ist längst verschwunden, ehe es uns erreicht, vieles anders geordnet.

[2] (S. 428.) Wenn Stobäus in derselben Stelle (Eclog. phys. p. 508) dem Apolloniaten zuschreibt, er habe die Sterne bimssteinartige Körper (also poröse Steine) genannt, so mag die Veranlassung zu dieser Benennung wohl die im Altertum so verbreitete Idee sein, daß alle Weltkörper durch feuchte Ausdünstungen genährt werden. Die Sonne gibt das Eingesogene wieder zurück. Die bimssteinartigen Weltkörper haben ihre eigenen Exhalationen. „Diese, welche nicht gesehen werden können, solange sie in den himmlischen Räumen umherirren, sind Steine, entzünden sich und verlöschen, wenn sie zur Erde herabfallen." Den Fall von Meteorsteinen hält Plinius für häufig, „decidere tamen crebro, non erit dubium"; er weiß auch, daß der Fall in heiterer Luft ein Getöse hervorbringt. Die analog scheinende Stelle des Seneca, in welcher er den Anaximenes nennt (Natur. Quaest. lib. II, 17) bezieht sich wohl auf den Donner in einer Gewitterwolke.

[3] (S. 428.) Die merkwürdige Stelle (Plut., Lys. cap. 12) lautet wörtlich übersetzt also: „Wahrscheinlich ist die Meinung einiger, die gesagt haben, die Sternschnuppen seien nicht Abflüsse noch Verbreitungen des ätherischen Feuers, welches in der Luft verlösche gleich bei seiner Entzündung, noch auch Entflammung und Entbrennung von Luft, die sich in Menge abgelöst habe nach der oberen Region, sondern Wurf und Fall himmlischer Körper, welche wie durch einen Nachlaß des Schwunges und eine ungeregelte Bewegung, durch einen Absprung, nicht bloß auf den bewohnten Raum der Erde geschleudert werden, sondern meistenteils außerhalb in das große Meer fallen, weshalb sie auch verborgen bleiben."

[4] (S. 428.) Ueber absolut dunkle Weltkörper oder solche, in denen der Lichtprozeß (periodisch?) aufhört, über die Meinungen der Neueren (Laplace und Bessel) und über die von Peters in Königsberg bestätigte Besselsche Beobachtung einer Veränderlichkeit in der eigenen Bewegung des Prokyon, s. Kosmos Bd. III, S. 190 bis 191.

[5] (S. 429.) Die im Text bezeichnete denkwürdige Stelle des Plutarch (De facie in Orbe Lunae, p. 923) heißt wörtlich übersetzt: „Ist doch dem Mond eine Hilfe gegen das Fallen seine Bewegung selbst und das Heftige des Kreisumlaufes, so wie die in Schleudern gelegten Dinge an dem Umschwung im Kreise ein Hindernis des Herabfallens haben."

[6] (S 430.) „Die periodischen Sternschnuppen und die Resultate der Erscheinungen, abgeleitet aus den während der letzten zehn Jahre zu Aachen angestellten Beobachtungen, von Eduard Heis" (1849), S. 7 und 26 bis 30.

[7] (S. 430.) Die Angabe des Nordpols als Centrum der Radiation in der Augustperiode gründet sich nur auf die Beobachtungen des einzigen Jahres 1833 (10. August). Ein Reisender im Orient, Dr. Asahel Grant, meldet aus Mardin in Mesopotamien, „daß um Mitternacht der Himmel von Sternschnuppen, welche alle von der Gegend des Polarsternes ausgingen, wie gefurcht war."

[8] (S. 430.) Es hatte aber dieses Uebergewicht des Ausgangspunktes des Perseus über den des Löwen noch keineswegs statt bei den Bremer Beobachtungen der Nacht vom 13. zum 14. November 1838. Ein sehr geübter Beobachter, Roswinkel, sah bei einem reichen Sternschnuppenfall fast sämtliche Bahnen aus dem Löwen und dem südlichen Teile des großen Bären ausgehen, während in der Nacht vom 12. zum 13. November bei einem nur wenig ärmeren Sternschnuppenfall bloß vier Bahnen von dem Löwen ausgingen. Olbers setzt sehr bedeutsam hinzu: „Die Bahnen dieser Nacht zeigten unter sich nichts Paralleles, keine Beziehung auf den Löwen, und (wegen des Mangels an Parallelismus) schienen sie zu den sporadischen und nicht zu den periodischen zu gehören. Das eigentliche Novemberphänomen war aber freilich nicht an Glanz mit denen der Jahre 1799, 1832 und 1833 zu vergleichen."

[9] (S. 431.) (Vergl. Aristot., Problem. XXVI, 23, Seneca, Nat. Quaest. lib. I, 14: „ventum significat stellarum discurrentium lapsus, et quidem ab ea parte qua erumpit.") Ich selbst habe lange, besonders während meines Aufenthaltes in Marseille zur Zeit der ägyptischen Expedition, an den Einfluß der Winde auf die Richtung der Sternschnuppen geglaubt.

[10] (S. 432.) Alles, was von hier an im Texte durch Anführungszeichen unterschieden ist, verdanke ich der freundlichen Mitteilung des Herrn Julius Schmidt, Adjunkten an der Sternwarte zu Bonn.

[11] (S. 433.) Ich habe jedoch selbst am 16. März 1803 einen beträchtlichen Sternschnuppenfall in der Südsee (Br. 13½° N.) beobachtet. Auch 687 Jahre vor unserer christlichen Zeitrechnung wurden in China zwei Meteorströme im Monat März gesehen.

[12] (S. 434.) Ein ganz ähnlicher Sternschnuppenfall, als Boguslawski der Sohn für 1366, Oktober 21. (a. St.) in Benesse de Horovic, Chronicon Ecclesiae Pragensis aufgefunden,

ist weitläufig in dem berühmten historischen Werke von Duarte Nunez do Liaõ (Chronicas dos Reis de Portugal reformadas Parte I, Lisb. 1600, fol. 187) beschrieben, aber auf die Nacht vom 22. zum 23. Oktober (a. St.) verlegt. Sind es zwei Ströme, in Böhmen und am Tajo gesehen, oder hat einer der Chronikenschreiber sich um einen Tag geirrt? Folgendes sind die Worte des portugiesischen Historikers: „Vindo o anno de 1366, sendo andados XXII. dias do mes de Octubro, tres meses antes do fallecimento del Rei D. Pedro (de Portugal), se fez no ceo hum movimento de estrellas, qual os homẽes naõ viraõ, nem ouviraõ. E foi que desda mea noite por diante correraõ todalas strellas do Levante para o ponente, e acabado de serem juntas começaraõ a correr humas para huma parte, e outras para outra. E despois desceraõ do ceo tantas e tam spessas, que tanto que faraõ baxas no ar, pareciaõ grandes fogueiras, e que o ceo e o ar ardiaõ, e que a mesma terra queria arder. O ceo parecia partido em muitas partes, alli onde strellas naõ stavaõ. E isto dorou per muito spaço. Os que isto viaõ, houveraõ tam grande medo e pavor, que stavaõ como attonitos, e cuidavaõ todos de ser mortos, e que era vinda a fim do mundo.“

[13] (S. 435.) Es hätten der Zeit nach nähere Vergleichungsepochen angeführt werden können, wenn man sie damals gekannt hätte, z. B. die von Klöden 1823, November 12. bis 13., in Potsdam, die von Bérard 1831, November 12. bis 13., an der spanischen Küste und die von Graf Suchteln zu Orenburg 1832, November 12. bis 13., beobachteten Meteorströme. Das große Phänomen vom 11. und 12. November 1799, welches wir, Bonpland und ich, beschrieben haben, dauerte von 2 bis 4 Uhr morgens. Auf der ganzen Reise, welche wir durch die Waldregion des Orinoko südlich bis zum Rio negro machten, fanden wir, daß der ungeheure Meteorfall von den Missionären gesehen und zum Teil in Kirchenbüchern aufgezeichnet ward. In Labrador und Grönland hatte er die Eskimo bis Lichtenau und Neu-Herrnhut (Br. 64° 14′) in Erstaunen versetzt. Zu Itterstedt bei Weimar sah der Prediger Zeising das, was zugleich unter dem Aequator und nahe am nördlichen Polarkreis in Amerika sichtbar war. Da die Periodizität des St. Laurentiusstromes (10. August) erst weit später die allgemeine Aufmerksamkeit auf sich gezogen hat als das Novemberphänomen, so habe ich mit Sorgfalt alle mir bekannten, genau beobachteten und beträchtlichen Sternschnuppenfälle vom 12. zum 13. November bis 1846 zusammengestellt. Es sind deren fünfzehn: 1799, 1818, 1822, 1823, 1831 bis 1839 alle Jahre, 1841 und 1846. Ich schließe die Meteorfälle aus, welche um mehr als einen oder zwei Tage abweichen, wie 10. November 1787, 8. November 1813. Eine solche, fest an einzelne Tage gefesselte Periodizität ist um so wundersamer, als Körper von so wenig Masse so leicht Störungen ausgesetzt sind

und die Breite des Ringes, in welchem man sich die Meteore eingeschlossen vorstellt, in der Erdbahn mehrere Tage umfassen kann. Die glänzendsten Novemberströme sind gewesen 1799, 1831, 1833, 1834. (Wo in meiner Beschreibung der Meteore von 1799 den größten Boliden oder Feuerkugeln ein Durchmesser von 1° und 1¼° zugeschrieben wird, hätte es 1 und 1¼ Monddurchmesser heißen sollen.) Es ist hier auch der Ort, der Feuerkugel zu erwähnen, welche die besondere Aufmerksamkeit des Direktors der Sternwarte von Toulouse, Herrn Petit, auf sich gezogen und deren Umlauf um die Erde er berechnet hat.

[14] (S. 438.) Der große Aerolithenfall von Crema und den Ufern der Adda ist mit besonderer Lebendigkeit, aber leider! rhetorisch und unklar, von dem berühmten Petrus Martyr von Anghiera beschrieben. Was dem Steinfall selbst vorherging, war eine fast totale Verfinsterung am 4. September 1511 in der Mittagsstunde. „Fama est, Pavonem immensum in aërea Cremensi plaga fuisse visum. Pavo visus in pyramidem converti, adeoque celeri ab occidente in orientem raptari cursu, ut in horae momento magnam hemisphaerii partem, doctorum inspectantium sententia, pervolasse credatur. Ex nubium illico densitate tenebras verunt surrexisse, quales viventium nullus unquam se cognovisse fateatur. Per eam noctis faciem, cum formidolosis fulguribus, inaudita tonitrua regionem circumsepserunt.“ Die Erleuchtungen waren so intensiv, daß die Bewohner um Bergamo die ganze Ebene von Crema während der Verfinsterung sehen konnten. „Ex horrendo illo fragore quid irata natura in eam regionem pepererit, percunctaberis. Saxa demisit in Cremensi planitie (ubi nullus unquam aequans ovum lapis visus fuit) immensae magnitudinis, ponderis egregii. Decem fuisse reperta centilibralia saxa ferunt.“ Vögel, Schafe, ja Fische wurden getötet. Unter allen diesen Uebertreibungen ist doch zu ersehen, daß das Meteorgewölk, aus welchem die Steine herabfielen, von ungewöhnlicher Schwärze und Dicke gewesen sein muß. Der Pavo war ohne Zweifel eine lang und breit geschweifte Feuerkugel. Das furchtbare Geräusch in dem Meteorgewölk wird hier als der die Blitze(?) begleitende Donner geschildert. Anghiera erhielt selbst in Spanien ein faustgroßes Fragment (ex frustis disruptorum saxorum), und zeigte es dem König Ferdinand dem Katholischen in Gegenwart des berühmten Kriegers Gonzalo de Cordova. Sein Brief endigt mit den Worten: „mira super hisce prodigiis conscripta fanatice, physice, theologice ad nos missa sunt ex Italia. Quid portendant, quomodoque gignantur, tibi utraque servo, si aliquando ad nos veneris.“ (Geschrieben aus Burgos an Fagiardus.) — Noch genauer behauptet Cardanus, es seien 1200 Aerolithen gefallen, unter ihnen einer von 120 Pfund, eisenschwarz und von großer Dichte. Das Geräusch habe zwei Stunden gedauert: „ut mirum sit, tantam molem in aëre sustineri

potuisse." Er hält die geschweifte Feuerkugel für einen Kometen, und irrt in der Erscheinung um ein Jahr: „Vidimus anno 1510 . . ." Cardanus war zu der Zeit neun bis zehn Jahre alt.

[15] (S. 439.) Neuerdings bei dem Aerolithenfall von Braunau (14. Juli 1847) waren die gefallenen Steinmassen nach sechs Stunden noch so heiß, daß man sie nicht, ohne sich zu verbrennen, berühren konnte. Von der Analogie, welche die skythische Mythe vom heiligen Golde mit einem Meteorfalle darbietet, habe ich bereits (Asie centrale T. I, p. 408) gehandelt. „Targitao filios fuisse tres, Leipoxain et Arpoxain, minimumque natu Colaxain. His regnantibus de coelo delapsa aurea instrumenta, aratrum et jugum et bipennem et phialam, decidisse in Scythicam terram. Et illorum natu maximum, qui primus conspexisset, propius accedentem capere ista voluisse; sed, eo accedente, aurum arsisse. Quo digresso, accessisse alterum, et itidem arsisse aurum. Hos igitur ardens aurum repudiasse; accedente vero natu minimo, fuisse extinctum, huncque illud domum suam contulisse: qua re intellecta, fratres majores ultro universum regnum minimo natu tradidisse." (Herodot IV, 5 und 7 nach der Uebersetzung von Schweighäuser.) Ist aber vielleicht die Mythe vom heiligen Golde nur eine ethnographische Mythe, eine Anspielung auf drei Königssöhne, Stammväter von drei Stämmen der Skythen, eine Anspielung auf den Vorrang, welchen der Stamm des jüngsten Sohnes, der der Paralaten, erlangte?

[16] (S. 440.) Von Metallen wurden in den Meteorsteinen entdeckt: Nickel von Howard, Kobalt durch Stromeyer, Kupfer und Chrom durch Laugier, Zinn durch Berzelius.

[17] (S. 443.) Alles, was im Texte von S. 441 bis S. 443 durch Anführungszeichen unterschieden ist, wurde aus Handschriften des Professor Rammelsberg (Mai 1851) entlehnt.

Schlußworte.

Den uranologischen Teil der physischen Weltbeschreibung beschließend, glaube ich, im Rückblick auf das Erstrebte (ich sage nicht das Geleistete), nach der Ausführung eines so schwierigen Unternehmens von neuem daran erinnern zu müssen, daß diese Ausführung nur unter den Bedingungen hat geschehen können, welche in der Einleitung zum dritten Bande des Kosmos bezeichnet worden sind. Der Versuch einer solchen kosmischen Bearbeitung beschränkt sich auf die Darstellung der Himmelsräume und dessen, was sie von geballter oder ungeballter Materie erfüllt. Er unterscheidet sich daher, nach der Natur des unternommenen Werkes, wesentlich von den mehr umfassenden, ausgezeichneten Lehrbüchern der Astronomie, welche die verschiedenen Litteraturen zur jetzigen Zeit aufzuweisen haben. Astronomie, als Wissenschaft der Triumph mathematischer Gedankenverbindung, auf das sichere Fundament der Gravitationslehre und die Vervollkommnung der höheren Analysis (eines geistigen Werkzeuges der Forschung) gegründet, behandelt Bewegungserscheinungen, gemessen nach Raum und Zeit, Oertlichkeit (Position) der Weltkörper in ihrem gegenseitigen, sich stets verändernden Verhältnis zu einander, Formenwechsel, wie bei den geschweiften Kometen, Lichtwechsel, ja Auflodern und gänzliches Erlöschen des Lichtes bei fernen Sonnen. Die Menge des im Weltall vorhandenen Stoffes bleibt immer dieselbe; aber nach dem, was in der tellurischen Sphäre von physischen Naturgesetzen bereits erforscht worden ist, sehen wir walten im ewigen Kreislauf der Stoffe den ewig unbefriedigten, in zahllosen und unnennbaren Kombinationen auftretenden Wechsel derselben. Solche Kraftäußerung der

Materie wird durch ihre, wenigstens scheinbar elementarische Heterogeneität hervorgerufen. Bewegung in unmeßbaren Raumteilen erregend, kompliziert die Heterogeneität der Stoffe alle Probleme des irdischen Naturprozesses.

Die astronomischen Prozesse sind einfacherer Natur. Von den eben genannten Komplikationen und ihrer Beziehung bis jetzt befreit, auf Betrachtung der Quantität der ponderablen Materie (Massen) auf Licht und Wärme erregende Schwingungen gerichtet, ist die Himmelsmechanik, gerade wegen dieser Einfachheit, in welcher alles auf Bewegung zurückgeführt wird, der mathematischen Bearbeitung in allen ihren Teilen zugänglich geblieben. Dieser Vorzug gibt den Lehrbüchern der theoretischen Astronomie einen großen und ganz eigentümlichen Reiz. Es reflektiert sich in ihnen, was die Geistesarbeit der letzten Jahrhunderte auf analytischen Wegen errungen hat, wie Gestaltung und Bahnen bestimmt, wie in den Bewegungserscheinungen der Planeten nur kleine Schwankungen um einen mittleren Zustand des Gleichgewichtes stattfinden, wie das Planetensystem durch seine innere Einrichtung, durch Ausgleichung der Störungen sich Schutz und Dauer bereitet.

Die Untersuchung der Mittel zum Erfassen des Weltganzen, die Erklärung der verwickelten Himmelserscheinungen gehören nicht in den Plan dieses Werkes. Die physische Weltbeschreibung erzählt, was den Weltraum füllt und organisch belebt, in den beiden Sphären der uranologischen und tellurischen Verhältnisse. Sie weilt bei den aufgefundenen Naturgesetzen und behandelt sie wie errungene Thatsachen, als unmittelbare Folgen empirischer Induktion. Das Werk vom Kosmos, um in geeigneten Grenzen und in nicht übermäßiger Ausdehnung ausführbar zu werden, durfte nicht versuchen, den Zusammenhang der Erscheinungen theoretisch zu begründen. In dieser Beschränkung des vorgesetzten Planes habe ich in dem astronomischen Bande des Kosmos desto mehr Fleiß auf die einzelnen Thatsachen und auf ihre Anordnung gewandt. Von der Betrachtung des Weltraumes, seiner Temperatur, dem Maße seiner Durchsichtigkeit und dem widerstehenden (hemmenden) Medium, welches ihn füllt, bin ich auf das natürliche und teleskopische Sehen, die Grenzen der Sichtbarkeit, die Geschwindigkeit des Lichtes nach Verschiedenheit seiner Quellen, die unvollkommene Messung der Licht-

intensität, die neuen optischen Mittel, direktes und reflektierendes Licht voneinander zu unterscheiden, übergegangen. Dann folgen: der Fixsternhimmel, die numerische Angabe der an ihm selbstleuchtenden Sonnen, soweit ihre Position bestimmt ist, ihre wahrscheinliche Verteilung, die veränderlichen Sterne, welche in wohlgemessenen Perioden wiederkehren, die eigene Bewegung der Fixsterne, die Annahme dunkler Weltkörper und ihr Einfluß auf Bewegung in Doppelsternen, die Nebelflecke, insofern diese nicht ferne und sehr dichte Sternschwärme sind.

Der Uebergang von dem siderischen Teile der Uranologie, von dem Fixsternhimmel zu unserem Sonnensysteme ist nur der Uebergang vom Universellen zum Besonderen. In der Klasse der Doppelsterne bewegen sich selbstleuchtende Weltkörper um einen gemeinsamen Schwerpunkt; in unserem Sonnensysteme, das aus sehr heterogenen Elementen zusammengesetzt ist, kreisen dunkle Weltkörper um einen selbstleuchtenden, oder vielmehr wieder um einen gemeinsamen Schwerpunkt, der zu verschiedenen Zeiten in und außerhalb des Centralkörpers liegt. Die einzelnen Glieder des Sonnengebietes sind ungleicher Natur, verschiedenartiger, als man jahrhundertelang zu glauben berechtigt war. Es sind: Haupt- und Nebenplaneten; unter den Hauptplaneten eine Gruppe, deren Bahnen einander durchschneiden, eine ungezählte Schar von Kometen, der Ring des Tierkreislichtes und mit vieler Wahrscheinlichkeit die periodischen Meteorasteroiden.

Es bleibt noch übrig, als thatsächliche Beziehungen die drei großen von Kepler entdeckten Gesetze der planetarischen Bewegung hier ausdrücklich anzuführen. Erstes Gesetz: Jede Bahn eines planetarischen Körpers ist eine Ellipse, in deren einem Brennpunkte sich die Sonne befindet. Zweites Gesetz: In gleichen Zeiten beschreibt jeder planetarische Körper gleiche Sektoren um die Sonne. Drittes Gesetz: Die Quadratzahlen der Umlaufszeiten zweier Planeten verhalten sich wie die Kubi der mittleren Entfernung. Das zweite Gesetz wird bisweilen das erste genannt, weil es früher aufgefunden ward. (Kepler, Astronomia nova, seu Physica coelestis, tradita commentariis de motibus stellae Martis, ex observ. Tychonis Brahi elaborata, 1609; vergl. cap. XL mit cap. LIX.) Die beiden ersten Gesetze würden Anwendung finden, wenn es auch nur

einen einzigen planetarischen Körper gäbe, das dritte und wichtigste, welches neun Jahre später entdeckt ward, fesselt die Bewegung zweier Planeten an ein Gesetz. (Das Manuskript der Harmonice Mundi, welche 1619 erschien, war bereits vollendet am 27. Mai 1618.)

Wenn im Anfang des 17. Jahrhunderts die Gesetze der Planetenbewegung empirisch aufgefunden wurden, wenn Newton erst die Kraft enthüllte, von deren Wirkung Keplers Gesetze als notwendige Folgen zu betrachten sind, so hat das Ende des 18. Jahrhunderts durch die neuen Wege, welche die vervollkommnete Infinitesimalrechnung zur Erforschung astronomischer Wahrheiten eröffnete, das Verdienst gehabt, die Stabilität des Planetensystemes darzuthun. Die Hauptelemente dieser Stabilität sind: die Unveränderlichkeit der großen Achsen der Planetenbahnen, von Laplace (1773 und 1784), Lagrange und Poisson erwiesen, die lange periodische, in enge Grenzen eingeschlossene Aenderung der Exzentrizität zweier mächtiger sonnenfernen Planeten, Jupiters und Saturns, die Verteilung der Massen, da die des Jupiter selbst nur $^1/_{1048}$ der Masse des alles beherrschenden Centralkörpers ist, endlich die Einrichtung, daß nach dem ewigen Schöpfungsplane und der Natur ihrer Entstehung alle Planeten des Sonnensystemes sich in einer Richtung translatorisch und rotierend bewegen, daß es in Bahnen geschieht von geringer und sich wenig ändernder Ellipsität, in Ebenen von mäßigen Unterschieden der Inklination, daß die Umlaufszeiten der Planeten untereinander kein gemeinschaftliches Maß haben. Solche Elemente der Stabilität, gleichsam der Erhaltung und Lebensdauer der Planeten sind an die Bedingung gegenseitiger Wirkung in einem inneren, abgeschlossenen Kreise geknüpft. Wird durch den Zutritt eines von außen kommenden, bisher zu dem Planetensystem nicht gehörigen Weltkörpers jene Bedingung aufgehoben (Laplace, Exposit. du Syst. du Monde p. 309 und 391), so kann allerdings diese Störung, als Folge neuer Anziehungskräfte oder eines Stoßes, dem Bestehenden verderblich werden, bis endlich nach langem Konflikte sich ein anderes Gleichgewicht erzeuge. Die Ankunft eines Kometen auf hyperbolischer Bahn aus großer Ferne kann, wenngleich Mangel an Masse durch eine ungeheure Geschwindigkeit ersetzt wird, doch mit Besorgnis nur eine Phantasie erfüllen, welche für die ernsten Tröstungen der Wahrscheinlichkeitsrechnung nicht empfänglich ist. Es sind die

reisenden Gewölke der inneren Kometen unserem Sonnen-systeme nicht gefahrbringender als die großen Bahnneigungen einiger der kleinen Planeten zwischen Mars und Jupiter. Was als bloße Möglichkeit bezeichnet werden muß, liegt außer-halb des Gebietes einer physischen Weltbeschreibung. Die Wissenschaft soll nicht überschweifen in das Nebelland kos-mologischer Träume.

Berichtigungen und Zusätze.

S. 32 Z. 21.

Seitdem diese Stelle des Kosmos, in welcher „ein mit Sicherheit sich offenbarender Einfluß der Sonnenstellung auf den Erdmagnetismus" bezweifelt wird, gedruckt worden ist, haben die neuen und trefflichen Arbeiten von Faraday einen solchen Einfluß erwiesen. Lange Reihen magnetischer Beobachtungen in entgegengesetzten Hemisphären (z. B. Toronto in Kanada und Hobarttown auf Vandiemensland) zeigen, daß der Erdmagnetismus einer jährlichen Variation unterliegt, welche von der relativen Stellung der Sonne und Erde abhängt.

S. 51 Z. 21.

Die sonderbare Erscheinung des Sternschwankens ist ganz neuerlich (20. Januar 1851) abends zwischen 7 und 8 Uhr am Sirius, der nahe am Horizont stand, auch in Trier von sehr glaubwürdigen Zeugen beobachtet worden. S. den Brief des Oberlehrers der Mathematik Herrn Flesch in Jahns Unterhaltungen für Freunde der Astronomie.

S. 119 Z. 3 v. u. und S. 144 Anm. 25.

Der Wunsch, welchen ich lebhaft geäußert, der historischen Epoche, in welche das Verschwinden der Röte des Sirius fällt, mit mehr Sicherheit auf die Spur zu kommen, ist teilweise durch den rühmlichen Fleiß eines jungen Gelehrten, der eine treffliche Kenntnis orientalischer Sprachen mit ausgezeichnetem mathematischen Wissen verbindet, Dr. Wöpke, erfüllt worden. Der Uebersetzer und Kommentator der wichtigen Algebra des Omar Alkhayyami schreibt mir (aus Paris, im August 1851): „Ich habe in Bezug auf Ihre im astronomischen Bande des Kosmos enthaltene Aufforderung die vier hier befindlichen Manuskripte der Uranographie des Abdurrahman Al-Sufi nachgesehen, und gefunden, daß darin α Bootis, α Tauri, α Scorpii und α Orionis sämtlich ausdrücklich rot genannt werden, Sirius dagegen nicht. Viel-

mehr lautet die auf diesen bezügliche Stelle in allen vier Manuskripten übereinstimmend so: „Der erste unter den Sternen desselben (des großen Hundes) ist der große, glänzende an seinem Munde, welcher auf dem Astrolabium verzeichnet ist und Al-je-maanijah genannt wird.“ — Wird aus dieser Untersuchung und aus dem, was ich aus Alfragani angeführt, nicht wahrscheinlich, daß der Farbenwechsel zwischen Ptolemäus und die Araber fällt?

S. 197 Z. 19.

In der gedrängten Darlegung der Methode, durch die Geschwindigkeit des Lichtes die Parallaxe von Doppelsternen zu finden, sollte es heißen: Die Zeit, welche zwischen den Zeitpunkten verfließt, wo der planetarische Nebenstern der Erde am nächsten ist und wo er ihr am fernsten steht, ist immer länger, wenn er von der größten Nähe zur größten Entfernung übergeht, als die umgekehrte, wenn er aus der größten Entfernung zur größten Nähe zurückkehrt.

S. 216.

In der französischen Uebersetzung des astronomischen Bandes des Kosmos, welche zu meiner Freude wieder Herr H. Faye übernommen, hat dieser gelehrte Astronom die Abteilung von den Doppelsternen sehr bereichert. Ich hatte mit Unrecht die wichtigen Arbeiten des Herrn Yvon Villarceau, welche schon im Laufe des Jahres 1849 in dem Institute verlesen waren, zu benutzen versäumt (s. Connaissance des temps pour l'an 1852, p. 3 bis 128). Ich entlehne hier aus einer Tabelle der Bahnelemente von acht Doppelsternen des Herrn Faye die vier ersten Sterne, welche er für die am sichersten berechneten hält:

Bahnelemente von Doppelsternen.

Name und Größe der Doppelsterne	halbe große Achse	Exzentrizität	Umlaufszeit in Jahren	Namen der Berechner
ξ Ursae majoris (4. und 5. Gr.)	3,857″	0,4164	58,262	Savary 1830
	3,278	0,3777	60,720	J. Herschel 1849
	2,295	0,4037	61,300	Mädler 1847
	2,439	0,4315	61,576	Y. Villarceau 1848
p Ophiuchi (4. und 6. Gr.)	4,328″	0,4300	73,862	Encke 1832
	4,966	0,4445	92,338	Y. Villarceau 1849
	4,8..	0,4781	92,...	Mädler 1849

Name und Größe der Doppelsterne	halbe große Achse	Exzentrizität	Umlaufszeit in Jahren	Namen der Berechner
ζ Herculis (3. u. 6., 5. Gr.)	1,208″ 1,254	0,4320 0,4482	30,22 36,357	Mädler 1847 Y. Villarceau 1847
η Coronae (5., 5. u. 6. Gr.)	0,902″ 1,012 1,111	0,2891 0,4744 0,4695	42,50 42,501 66,257	Mädler 1847 Y. Villarceau 1847 derselbe, 2. Lösung

Das Problem der Umlaufszeit von η Coronae gibt zwei Solutionen, von 42,5 und 66,3 Jahren; aber die neuesten Beobachtungen von Otto Struve geben dem zweiten Resultat den Vorzug. Herr Yvon Villarceau findet für die halbe große Achse, Exzentrizität und Umlaufszeit in Jahren:

γ Virginis	3,446″	0,8699	153,787
ζ Cancri	0,934″	0,3662	59,590
α Centauri	12,128″	0,7187	78,486

Die Bedeckung eines Fixsternes durch einen anderen, welche ζ Herculis dargeboten hat, habe ich (S. 214) scheinbar genannt. Herr Faye zeigt, daß sie eine Folge der fakticen Durchmesser der Sterne (Kosmos Bd. III, S. 47 und 117) in unseren Fernröhren ist. — Die Parallaxe von 1830 Groombridge, welche ich S. 196 dieses Bandes 0,226″ angegeben, ist gefunden von Schlüter und Wichmann zu 0,182″, von Otto Struve zu 0,034″.

S. 367 Z. 19.

Als der Druck des Abschnittes von den kleinen Planeten schon geendigt war, ist uns erst im nördlichen Deutschland die Kunde von der Entdeckung eines fünfzehnten kleinen Planeten (Eunomia) gekommen. Er ist wiederum von Herrn de Gasparis und zwar am 19. Juli 1851 entdeckt worden. Die Elemente der Eunomia, berechnet von G. Rümker, sind:

Epoche der mittl. Länge	1851 Okt. 1,0 m. Greenw. Zeit
mittl. Länge	321° 25′ 29″
Länge des Perihels	27 35 38
Länge des aufst. Knotens	293 52 55
Neigung	11 43 43
Exzentrizität	0,188402
halbe große Achse	2,64758
mittl. tägliche Bewegung	823,630
Umlaufszeit	1574 Tage.

S. 380 Z. 12.

Nach einer freundlichen Mitteilung von Sir John Herschel (8. November 1851) hat Herr Lassell am 23., 28., 30. Oktober und 2. November des vorgenannten Jahres zwei Uranussatelliten deutlich beobachtet, die dem Hauptplaneten noch näher zu liegen scheinen als der erste Satellit von Sir William Herschel, welchem dieser eine Umlaufszeit von ungefähr 5 Tagen und 21 Stunden zuschreibt, welcher aber nicht erkannt wurde. Die Umlaufszeiten der beiden jetzt von Lassell gesehenen Uranustrabanten waren nahe an 4 und 2½ Tage.

Inhalts-Uebersicht

des III. Bandes des Kosmos.

Spezielle Ergebnisse der Beobachtung in dem Gebiete kosmischer Erscheinungen — Einleitung S. 3—18 und Anm. S. 19—24.

Rückblick auf das Geleistete. Die Natur unter einem zweifachen Gesichtspunkte betrachtet, in der reinen Objektivität der äußeren Erscheinung und im Reflex auf das Innere des Menschen. — Eine bedeutsame Anreihung der Erscheinungen führt von selbst auf deren ursachlichen Zusammenhang. — Vollständigkeit bei Aufzählung der Einzelheiten wird nicht beabsichtigt, am wenigsten in der Schilderung des reflektierten Naturbildes unter dem Einfluß schöpferischer Einbildungskraft. Es entsteht neben der wirklichen oder äußeren Welt eine ideale und innere Welt, voll physisch symbolischer Mythen, verschieden nach Volksstämmen und Klimaten, jahrhundertelang auf spätere Generationen vererbt, und eine klare Naturansicht trübend. — Ursprüngliche Unvollendbarkeit der Erkenntnis kosmischer Erscheinungen. Das Auffinden empirischer Gesetze, das Erspähen des Kausalzusammenhanges der Erscheinungen; Weltbeschreibung und Welterklärung. Wie durch das Seiende sich ein kleiner Teil des Werdens offenbart. — Verschiedene Phasen der Welterklärung, Versuche des Verstehens der Naturordnung. — Aelteste Grundanschauung des hellenischen Volksgeistes, physiologische Phantasieen der ionischen Schule; Keime wissenschaftlicher Naturbetrachtung. Zwei Richtungen der Erklärung durch Annahme stoffartiger Prinzipien (Elemente) und durch Prozesse der Verdünnung und Verdichtung. Centrifugaler Umschwung. Wirbeltheorieen. — Pythagoreer; Philosophie des Maßes und der Harmonie, Anfang einer mathematischen Behandlung physischer Erscheinungen. — Weltordnung und Weltregierung nach den physischen Vorträgen des Aristoteles. Mit-

teilung der Bewegung als Grund aller Erscheinungen betrachtet; minder ist der Sinn der aristotelischen Schule auf Stoffverschiedenheit gerichtet. — Diese Art der Naturphilosophie, in Grundideen und Form, wird auf das Mittelalter vererbt. Roger Bacon, der Naturspiegel des Vincenz von Beauvais, Liber cosmographicus von Albert dem Großen, Imago Mundi des Kardinals Pierre d'Ailly. — Fortschritt durch Giordano Bruno und Telesio. — Klarheit in der Vorstellung von der Gravitation als Massenanziehung bei Kopernikus. — Erste Versuche einer mathematischen Anwendung der Gravitationslehre bei Kepler. — Die Schrift vom Kosmos des Descartes (Traité du Monde) großartig unternommen, aber lange nach seinem Tode nur fragmentarisch erschienen; der Kosmotheoros von Huygens des großen Namens unwürdig. — Newton und sein Werk Philosophiae Naturalis Principia mathematica. — Streben nach der Erkenntnis eines Weltganzen. Ist die Aufgabe lösbar, die gesamte Naturlehre von den Gesetzen der Schwere an bis zu den gestaltenden Thätigkeiten in den organischen und belebten Körpern auf ein Prinzip zurückzuführen? Das Wahrgenommene erschöpft bei weitem nicht das Wahrnehmbare. Die Unvollendbarkeit der Empirie macht die Aufgabe, das Veränderliche der Materie aus den Kräften der Materie zu erklären, zu einer unbestimmten.

A. **Uranologischer Teil** der physischen Weltbeschreibung S. 25—453. Zwei Abteilungen, von welchen die eine den Fixsternhimmel, die andere unser Sonnensystem umfaßt, S. 25.

α. **Astrognosie** (Fixsternhimmel) S. 26—27 (S. 26—250).

I. Weltraum und Vermutungen über das, was den Weltraum zu erfüllen scheint. S. 27—37 und Anm. S. 38—41.

II. Natürliches und teleskopisches Sehen. Funkeln der Gestirne. Geschwindigkeit des Lichtes. Ergebnisse der Photometrie. S. 42—73 und Anm. S. 74—95. — Reihung der Fixsterne nach Lichtintensität S. 96—100.

III. Zahl, Verteilung und Farbe der Fixsterne, Sternhaufen (Sternschwärme). Milchstraße, mit wenigen Nebelflecken gemengt. S. 101—133 und Anm. S. 134—149.

IV. Neu erschienene und verschwundene Sterne. Veränderliche Sterne in gemessenen, wiederkehrenden Perioden. Intensitätsveränderungen des Lichtes in Gestirnen, bei denen die Periodizität noch unerforscht ist. S. 150—181 und Anm. S. 182—186.

V. Eigene Bewegung der Fixsterne. Problematische Existenz dunkler Weltkörper. Parallaxe. Gemessene Ent-

---

Nähere Zergliederung der einzelnen Abteilungen des astronomischen Teiles des Kosmos.

α. Astrognosie.

I. Weltraum. — Nur einzelne Teile sind meßbar S. 29. — Widerstehendes (hemmendes) Mittel, Himmelsluft, Weltäther S. 30 und 40 (Anm. 4—7). — Wärmestrahlung der Sterne S. 32 und 40 (Anm. 10). — Temperatur des Weltraumes S. 32—35 und 40 (Anm. 11—13). — Beschränkte Durchsichtigkeit? S. 35. — Regelmäßig verkürzte Umlaufszeit des Kometen von Encke S. 36 und 41 (Anm. 15). — Begrenzung der Atmosphäre? S. 37.

II. Natürliches und teleskopisches Sehen. — Sehr verschiedene Lichtquellen zeigen gleiche Brechungsverhältnisse S. 44. — Verschiedenheit der Geschwindigkeit des Lichtes glühender fester Körper und des Lichtes der Reibungselektrizität S. 44, 64—67 und 91 (Anm. 33—36). — Lage der Wollastonschen Linien S. 44. — Wirkung der Röhren S. 43 und 74 (Anm. 3). — Optische Mittel, direktes und reflektiertes Licht zu unterscheiden, und Wichtigkeit dieser Mittel für die physische Astronomie S. 45 und 75—76 (Anm. 5—6). — Grenzen der gewöhnlichen Sehkraft S. 45. — Unvollkommenheit des Sehorgans; falsche (faktice) Durchmesser der Sterne S. 47, 77 und 79 (Anm. 8 und 10). — Einfluß der Form eines Gegenstandes auf den kleinsten Sehwinkel bei Versuchen über die Sichtbarkeit, Notwendigkeit des Lichtunterschieds von 1/60 der Lichtstärke, Sehen ferner Gegenstände auf positive und negative Weise S. 46—29. — Ueber das Sehen der Sterne bei Tage mit unbewaffnetem Auge aus Brunnen oder auf hohen Bergen S. 49—51 und 80 (Anm. 12). — Ein schwächeres Licht neben einem stärkeren S. 77 (Anm. 8). — Ueberdeckende Strahlen und Schwänze S. 47 und 116—118. — Ueber die Sichtbarkeit des Jupiterstrabanten mit bloßem Auge S. 46 und 78—79 (Anm. 9). — Schwanken der Sterne S. 46 und 81 (Anm. 14). — Anfang des teleskopischen Sehens, Anwendung zur Messung S. 52—54 und 57. — Refraktoren von großer Länge S. 54 und 81 (Anm. 15 bis 17), Reflektoren S. 54—57 und 28 (Anm 18—20). — Tagesbeobachtungen; wie starke Vergrößerungen das Auffinden der Sterne bei Tage erleichtern können S. 58, 59 und 82 (Anm. 21). —

Erklärung des Funkelns und der Scintillation der Gestirne S. 59—63 und 85—88 (Anm. 23—25). — Geschwindigkeit des Lichtes S. 63—67 und 88—92 (Anm. 26—37). — Größenordnung der Sterne; photometrische Verhältnisse und Methoden der Messung S. 68—73 und 92—95 (Anm. 38—45). — Cyanometer S. 94. — Photometrische Reihung der Fixsterne S. 96—100.

III. Zahl, Verteilung und Farbe der Fixsterne; Sternhaufen und Milchstraße. — Zustände der Himmelsdecke, welche das Erkennen der Sterne begünstigen oder hindern S. 101—102. — Zahl der Sterne; wie viele mit unbewaffnetem Auge erkannt werden können S. 102—103. — Wie viele mit Ortsbestimmungen und auf Sternkarten eingetragen sind S. 104—110 und 134—138 (Anm. 1—10). — Gewagte Schätzung der Zahl von Sternen, welche mit den jetzigen raumdurchdringenden Fernröhren am ganzen Himmel sichtbar sein könnten S. 110. — Beschauende Astrognosie roher Völker S. 111—113. — Griechische Sphäre S. 113—116 und 138—141 (Anm. 11—16). — Kristallhimmel S. 115—117 und 141—142 (Anm. 17—19). — Falsche Durchmesser der Fixsterne in Fernröhren S. 116—118. — Kleinste Gegenstände des Himmels, die noch teleskopisch gesehen werden S. 118 und 143 (Anm. 23). — Farbenverschiedenheit der Sterne, und Veränderungen, welche seit dem Altertum in den Farben vorgegangen S. 118—121 und 143—146 (Anm. 20—28). — Sirius (Sothis) S. 120 und 144—146 (Anm. 28). — Die vier königlichen Sterne S. 121—122. — Allmähliche Bekanntschaft mit dem südlichen Himmel S. 122—123 und 146 (Anm. 30). — Verteilung der Fixsterne, Gesetze relativer Verdichtung, Eichungen S. 123 bis 124. — Sternhaufen und Sternschwärme S. 124—127. — Milchstraße S. 127—133 und 147—149 (Anm. 33—45).

IV. Neu erschienene und verschwundene Sterne, veränderliche Sterne, und Intensitätsveränderungen des Lichtes in Gestirnen, in welchen die Periodizität noch nicht erforscht ist. — Neue Sterne in den letzten zweitausend Jahren S. 150 bis 162 und 182—184 (Anm. 1—6). — Periodisch veränderliche Sterne; Historisches S. 163—165, Farbe S. 165, Zahl S. 165; Gesetzliches in scheinbarer Unregelmäßigkeit, große Unterschiede der Helligkeit, Perioden in den Perioden S. 166—169. — Argelanders Tabelle der veränderlichen Sterne, mit Kommentar S. 170—176 und 184—185 (Anm. 7—10). — Veränderliche Sterne in unbestimmten Perioden (η Argûs, Capella, Sterne des großen und kleinen Bären) S. 176—180. — Rückblick auf mögliche Veränderungen in der Temperatur der Erdoberfläche S. 180—181.

V. Eigene Bewegung der Fixsterne, dunkle Weltkörper, Parallaxe; Zweifel über die Annahme eines Centralkörpers für den ganzen Fixsternhimmel. — Veränderung des physiognomischen Charakters der Himmelsdecke S. 187—189. — Quantität der eigenen Bewegung S. 189. —

Beweise für die wahrscheinliche Existenz nicht leuchtender Körper S. 190—192. — Parallaxe und Messung des Abstandes einiger Fixsterne von unserem Sonnensystem S. 192—196 und 202—203 (Anm. 7—9). — Die Aberration des Lichtes kann bei Doppelsternen zur Bestimmung der Parallaxe benutzt werden S. 197. — Die Entdeckung der eigenen Bewegung der Fixsterne hat auf die Kenntnis der Bewegung unseres eigenen Sonnensystemes, ja zur Kenntnis der Richtung dieser Bewegung geführt S. 189 und 197—198. — Problem der Lage des Schwerpunktes des ganzen Fixsternhimmels. Centralsonne? S. 199—201 und 203—204 (Anm. 16 und 17).

VI. Dopelsterne, Umlaufszeit von zwei Sonnen um einen gemeinschaftlichen Schwerpunkt. — Optische und physische Doppelsterne S. 205; Zahl S. 206—211. — Einfarbigkeit und verschiedenartige Farben; letztere nicht Folge optischer Täuschung, des Kontrastes der Komplementarfarben S. 211 bis 213 und 218—219 (Anm. 7—10). — Wechsel der Helligkeit S. 213. — Mehrfache (3 bis 6fache) Verbindungen S. 214. — Berechnete Bahnelemente, halbe große Achsen und Umlaufszeit in Jahren S. 214—216.

VII. Nebelflecke, Magelhaensische Wolken und Kohlensäcke. — Auflöslichkeit der Nebelflecke; ob sie alle ferne und dichte Sternhaufen sind? S. 220 und 253 (Anm. 13 und 14). — Historisches S. 221—229 und 254 (Anm. 20). — Zahl der Nebelflecke, deren Position bestimmt ist S. 229—231 und 254 (Anm. 16 und 17). — Verteilung der Nebel und Sternhaufen in der nördlichen und südlichen Himmelssphäre S. 231; nebelärmere Räume und Maxima der Gedrängtheit S. 232—233 und 254 (Anm. 18). — Gestaltung der Nebelflecke: kugelförmige, Ringnebel, spiralförmige Doppelnebel, planetarische Nebelsterne S. 233—237. — Nebelfleck (Sternhaufen) der Andromeda S. 126—127, 222 bis 224 und 256 (Anm. 20); Nebel im Schwerte des Orion S. 224 bis 225, 237—239, 251—253, 257 und 258 (Anm. 5, 15, 29, 30, 32 und 33); großer Nebelfleck um η Argûs S. 239, Nebelfleck im Schützen S. 240, Nebelflecke im Schwan und im Fuchse; Spiralnebelfleck im nördlichen Jagdhunde S. 240—241. — Die beiden Magelhaensschen Wolken S. 242—247 und 259 (Anm. 42). — Schwarze Flecken oder Kohlensäcke S. 247—250 und 260 (Anm. 44 und 45).

β. Sonnengebiet: Planeten und ihre Monde, Ring des Tierkreislichtes und Schwärme der Meteorasteroiden S. 261—265.

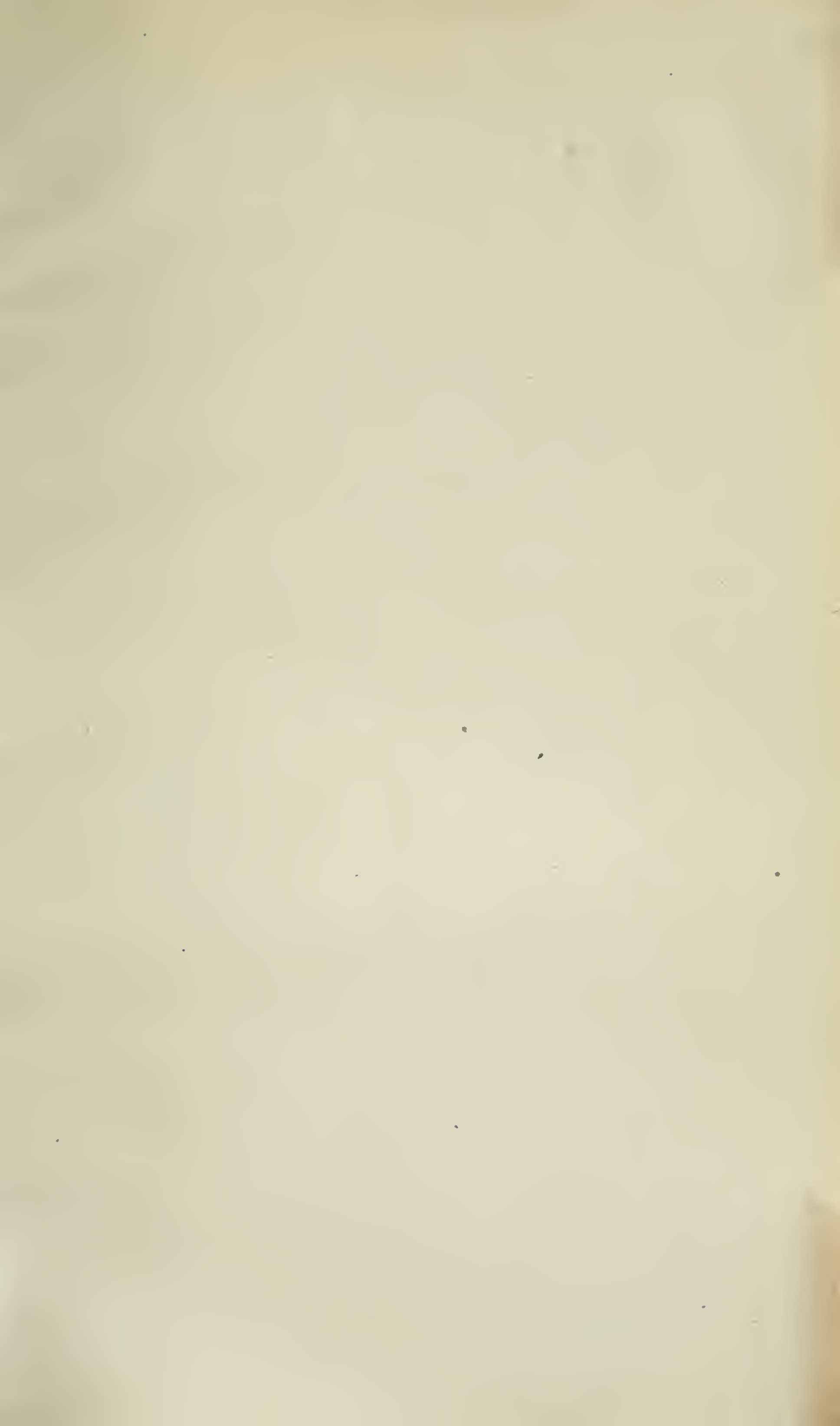
I. Die Sonne als Centralkörper. — Numerische Angaben S. 267—269 und 287—288 (Anm. 2—4). — Physische Beschaffenheit der Oberfläche; Umhüllungen der dunkeln Sonnenkugel; Sonnenflecken, Sonnenfackeln S. 269—277 und 288—292 (Anm. 4, 5, 6, 7, 10, 13 und 14). — Abnahmen des Tageslichtes, von welchen die

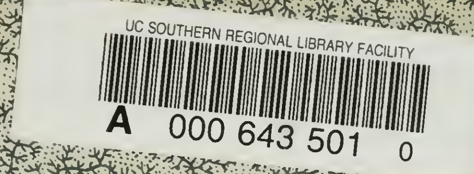











UC SOUTHERN REGIONAL LIBRARY FACILITY
A 000 643 501 0

